

15.054/H/02



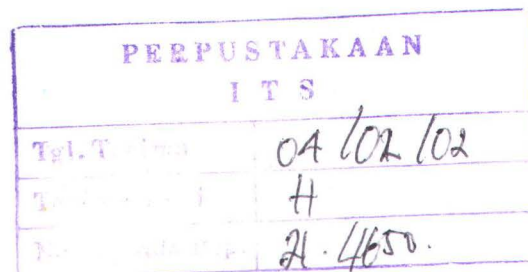
TUGAS AKHIR
(KP 1701)

ANALISA PEMILIHAN BAHAN PELAPIS
KOMPARTEMEN KAPAL IKAN



RSK
623.8202
Kos
a-1
2001

Oleh :



OMAR KOSWARA
NRP. 4196 100 064

JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2001

**TUGAS AKHIR
(KP 1701)**

**ANALISA PEMILIHAN BAHAN PELAPIS
KOMPARTEMEN KAPAL IKAN**

Diajukan Guna Memenuhi
Sebagian Persyaratan Untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Perkapalan
Pada
Jurusan Teknik Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Surabaya, Agustus 2001
Mengetahui / Menyetujui :

Dosen Pembimbing I,



Ir. HERI SUPOMO, M.Sc.
NIP. 131 842 506



Dosen Pembimbing II,



Ir. SOEJITNO
NIP. 130 532 029

**JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2001**

LEMBAR PENGESAHAN REVISI
TUGAS AKHIR


JUDUL:

**ANALISA PEMILIHAN BAHAN PELAPIS
KOMPARTEMEN KAPAL IKAN**

Mengetahui/menyetujui:

Dosen Pembimbing I,

g/ci



Ir. Heri Supomo, M.Sc
NIP: 131 842 506



Dosen Pembimbing II,



Ir. Soejitno
NIP: 130 532 029



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN

Kampus ITS - Sukolilo, Surabaya 60111 Telp. 5947254, 5994251-5 Pes. 1173 - 1176 Fax 5947254

SURAT KEPUTUSAN TUGAS AKHIR

No. : 582b / K03.4.2/PP/2001

Nama Mahasiswa : Omar Koswara
Nomor Pokok : 4196100064
Tanggal diberi tugas : 01 Pebruari 2001
Tanggal selesai tugas : 30 Juni 2001
Dosen Pembimbing : 1. Ir. Heri Supomo, MSc
2. Ir. Soejitno

Uraian / judul tugas akhir yang diberikan :

#ANALISA PEMILIHAN BAHAN PELAPIS KOMPATEMEN KAPAL IKAN#

Surabaya, 19 Pebruari 2000

Jurusan Teknik Perkapalan
Kec. 1 n a,

Ir. Dianhar Manfaat, MSc., Ph.D.
NIP. 131 651 444.



Tembusan :

1. Yth. Dekan FTK-ITS
2. Yth. Dosen Pembimbing
3. Arsip



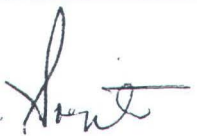
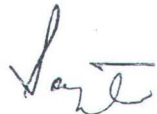
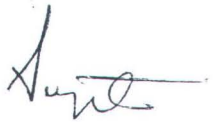

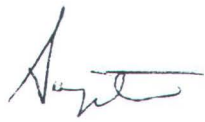

FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN ITS
JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN

DAFTAR KEMAJUAN TUGAS AKHIR (NA 1701)

Nama mahasiswa : Omar Koswara
N.R.P. : 4196100064
Tugas diberikan : Semester Genap 2000 / 2001.
Tanggal mulai tugas : 01 Februari 2001
Tanggal selesai tugas : 30 Juni 2001
Dosen Pembimbing : 1. Ir. Heri Supomo, MSc
 : 2. Ir. Soejitno

Tanggal	Uraian Kemajuan Tugas	Tanda Tangan
29/2001 13	Ambil tugas.	
5/4-01	Bab I	
12/4-01	Bab II	
7/07 16	proses pembuatan makalah	
20/6-01	Bab III	
28/07-01	Bab IV + Bab V	
16/07-01	Draf TA, koreksi ditambahi	

lihat halaman berikutnya

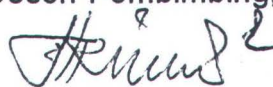
Tanggal	Uraian Kemajuan Tugas	Tanda Tangan
7/06-01	Bab I	
20/06-01	Bab II	
2/07-01	Bab III	
9/07-01	Bab IV	
16/07-01	Bab V (climax) —	
17/07-01	Selesai	

Catatan :

1. Formulir ini harus dibawa pada saat konsultasi
2. Konsultasi dilaksanakan minimal seminggu sekali.
3. Formulir ini harus dikumpulkan kembali pada saat mengumpulkan laporan tugas akhir.

Surabaya,

Dosen Pembimbing,



NIP.

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER (ITS)

Abstrak

Fakultas Teknologi Kelautan
Jurusan Teknik Perkapalan

Sarjana Teknik (s1)

Analisa Pemilihan Bahan Pelapis Kompartemen Kapal Ikan

Oleh: Omar Koswara

Dosen Pembimbing: 1. Ir. Heri Supomo, M.Sc
2. Ir. Soejitno

Lapisan insulasi kompartemen kapal ikan mempunyai peranan penting dalam usaha mempertahankan kondisi temperatur dalam ruang ikan, agar ikan tetap segar. Perbedaan suhu yang terjadi antara diluar dan didalam ruang ikan menyebabkan perpindahan panas dari luar ke dalam ruang ikan. Besarnya perpindahan yang terjadi dipengaruhi oleh besarnya harga konduktivitas thermal bahan. Sedangkan besarnya harga konduktivitas thermal bahan berbeda-beda sesuai dengan perubahan temperatur.

Percobaan dilakukan untuk mengetahui harga konduktivitas thermal bahan gabus, sekam, dan polyurethane pada temperatur 35°C , 50°C , dan 75°C . Analisa teknis dilakukan setelah harga konduktivitas thermal bahan diketahui, analisa yang dilakukan adalah perhitungan besarnya perpindahan panas, tebal lapisan insulasi yang dibutuhkan dan perhitungan berat dari material insulasi tersebut sehingga didapat material insulasi yang terbaik.

Analisa ekonomis dilakukan dengan perhitungan besarnya biaya awal yaitu biaya pembelian material dan biaya pemasangan. Analisa yang dilakukan pada setiap material bisa diketahui jenis material yang paling menguntungkan. Dari analisa terhadap data hasil percobaan, didapat bahwa material gabus sangat baik untuk dipergunakan sebagai bahan insulasi ruang ikan pada kapal.

SEPULUH NOPEMBER INSTITUT OF TECNOLOGY (ITS)

Abstract

Faculty of Marine Technology
Department of Naval Architecture and Ship Building

Degree in engineering (s1)

Choice Analysis of material Insulation of Compartements Fishing Ship

By: Omar Koswara
Supervisor: 1. Ir. Heri Supomo, M.Sc
2. Ir. Soejitno

The insulation of compartments of fishing ship has an important function to prevent temperature condition in fish room, so that fish will be fixed in fresh condition. The difference outer and inner temperature of fish room can cause a heat transfer from outer to inner fish room. The value of heat transfer influence a thermals conductivity material. Hence the value of thermals conductivity will be different on every temperature condition.

This experiment is done to know value of thermals conductivity, within material cork (stereo foam), poly-urethane, and shell of rice with temperature 35⁰C, 50⁰C, and 75⁰C. Technical analyses is done after a value of thermal conductivity has been known, and a calculations of heat transfer, thickness an insulations layer, and calculation mass of insulation are carried out to overcome the best insulation.

Economic analysis is done with calculations of material cost and installation cost. An analysis on every material can to know a material have a value an optimum advantage. Having analyses the experiment data, it can be concluded than cork (stereo foam) is the best material for insulating fish hold in a ship.

KATA PENGANTAR

Segala keagungan puji syukur saya panjatkan kehadiran Allah SWT, Dzat Yang Maha Pengasih dan Penyayang, yang senantiasa melimpahkan rahmat dan memberikan kekuatan-Nya kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul “*Analisa Pemilihan Bahan Pelapis Kompartemen Kapal Ikan*”, yang mana merupakan salah satu persyaratan kelulusan studi di Jurusan Teknik Perkapalan FTK – ITS.

Sedalam-dalamnya rasa dan ucapan terima kasih juga saya sampaikan kepada banyak pihak yang telah membantu penyelesaian Tugas Akhir ini, antara lain :

- Bapak Ir. Heri Supomo M.Sc dan Ir. Soejitno selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberi bimbingan dan saran
- Kedua Orang Tua dan istriku tercinta yang dengan ikhlas senantiasa mendoakan, memberikan dorongan dan mencukupi segala kebutuhan saya selama ini..
- Kepala Jurusan, Sekretaris Jurusan dan segenap Karyawan Teknik Perkapalan FTK – ITS yang telah menyediakan fasilitas dan mengatur segala keperluan kepada penulis selama masa perkuliahan.
- Seluruh Dosen di Jurusan Teknik Perkapalan FTK – ITS yang telah banyak memberikan ilmu pengetahuan selama ini.
- Bapak Ketua Jurusan Fisika FMIPA – ITS dan segenap karyawan yang telah membantu menyediakan fasilitas penulis dalam melakukan penelitian selama di laboratorium spektroskopi untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
- Teman di PETIE yang selalu memberi semangat dalam penyelesaian Tugas Akhir ini atas segala kerjasama dan bantuannya.
- Rekan-rekan pengajar serta segenap karyawan di STM Islam Jiwa Nala yang telah memberi banyak pengertian atas kesibukan yang penulis lakukan.

Harapan besar saya semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat, dan segala bantuan dari banyak pihak mendapatkan imbalan dari Allah SWT. Amin.

Surabaya, Juli 2001

Penulis

DAFTAR ISI

	hal:
Abstrak.....	i
Abstract.....	ii
Kata Pengantar.....	iii
Daftar Isi.....	v
Daftar Gambar.....	viii
Daftar Tabel.....	ix
Daftar Notasi.....	x

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang.....	I-1
1.2 Tujuan Penulisan	I-2
1.3 Manfaat.....	I-2
1.4 Perumusan Masalah.....	I-3
1.5 Batasan Masalah.....	I-3
1.6 Sistematika Penulisan.....	I-3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perpindahan Panas	II-1
2.1.1 Hukum Dasar Perpindahan panas.....	II-1
a. Konduksi.....	II-2
b. Radiasi.....	II-4
c. Konveksi.....	II-6
2.1.2 Persamaan Perpindahan Panas Untuk Insulasi tunggal.....	II-6
2.1.3 Persamaan Perpindahan Panas Untuk Dua atau Lebih Lapisan Insulasi	II-7
2.1.4 Besar Perpindahan Panas Pada Kapal Ikan.....	II-8
2.1.5 Beban Panas Pada produk	II-9

2.2	Konduktivitas Thermal Bahan.....	II-10
2.3	Menentukan Tebal Lapisan Insulasi.....	II-12
2.4	Kondisi Palkah Ikan dan Kebutuhan Insulasi.....	II-13
2.5	Palkah Ikan Berinsulasi.....	II-14
2.6	Material Insulasi.....	II-15
	a. Gabus.....	II-17
	b. Sekam.....	II-17
	c. Polyurethane	II-18
2.7	Nilai ekonomis Material insulasi.....	II-19
	a. Macam Biaya.....	II-19
	b. Perbandingan Biaya.....	II-20

BAB III METODELOGI PENELITIAN

3.1	Pembuatan Spesimen (material uji).....	III-1
3.2	Pelaksanaan Pengujian.....	III-2
	1. Persiapan Alat dan Bahan.....	III-3
	2. Pemasangan Material Uji.....	III-4
	3. Pelaksanaan Pengukuran.....	III-4
3.3	Analisa Data.....	III-6

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1	Perhitungan Harga Konduktivitas Thermal Bahan.....	IV-1
	1. Gabus.....	IV-1
	2. Poly-urethane.....	IV-7
	3. Sekam.....	IV-12
4.2	Perhitungan Besar Perpindahan Panas.....	IV-18
	1. Gabus.....	IV-19
	2. Poly-urethane.....	IV-20
	3. Sekam.....	IV-21
4.3	Perhitungan Tebal Lapisan Insulasi.....	IV-22
	1. Gabus.....	IV-22

2. Poly-urethane.....	IV-22
3. Sekam.....	IV-23
4.4 Perhitungan Massa Material Insulasi.....	IV-23
1. Gabus.....	IV-23
2. Poly-urethane.....	IV-24
3. Sekam.....	IV-24
4.5 Perhitungan Biaya.....	IV-24
1. Gabus.....	IV-25
2. Poly-urethane.....	IV-25
3. Sekam.....	IV-26
4.6 Perbandingan Nilai Antar Material Insulasi.....	IV-27

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan.....	V-1
5.2 Saran.....	V-1

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Hal:

Gambar 1.1 Flowchart proses pengerjaan Tugas Akhir.....	I-5
Gambar 2.1 Perpindahan suhu dalam medium yang bersifat linier.....	II-2
Gambar 2.2 Distribusi suhu untuk konduksi keadaan steady melalui dinding datar	II-3
Gambar 2.3 Palkah ikan berinsulasi.....	II-14
Gambar 3.1 Bentuk material uji.....	III-2
Gambar 3.2 Sistem tempat penyimpanan material uji.....	III-3
Gambar 3.3 Susunan peletakkan material uji.....	III-4
Gambar 4.1 Grafik Harga Konduktivitas Thermal Bahan.....	IV-18

DAFTAR TABEL

	Hal:
Tabel. 2.1 Harga konduktivitas Thermal k.....	I-10
Tabel 2.2 Sifat-sifat Fisis Material Gabus.....	II-17
Tabel 2.3 Sifat-sifat Fisik Poly-urethane.....	II-19
Tabel 4.1 Data Hasil Pengukuran Material Gabus Pada Suhu 35°C.....	IV-2
Tabel 4.2 Data Hasil Pengukuran Material Gabus Pada Suhu 50°C.....	IV-3
Tabel 4.3 Data Hasil Pengukuran Material Gabus Pada Suhu 75°C.....	IV-5
Tabel 4.4 Data Hasil Pengukuran Material Polyurethane Pada Suhu 35°C.....	IV-7
Tabel 4.5 Data Hasil Pengukuran Material Polyurethane Pada Suhu 50°C.....	IV-9
Tabel 4.6 Data Hasil Pengukuran Material Polyurethane Pada Suhu 75°C.....	IV-11
Tabel 4.7 Data Hasil Pengukuran Material Sekam Pada Suhu 35°C.....	IV-13
Tabel 4.8 Data Hasil Pengukuran Material Sekam Pada Suhu 50°C.....	IV-14
Tabel 4.9 Data Hasil Pengukuran Material Sekam Pada Suhu 75°C.....	IV-16
Tabel. 4.10 Analisa Perbandingan Material Insulasi	IV-27

DAFTAR NOTASI

q_k	= Besar perpindahan panas secara konduksi, K.cal atau watt/m
q_r	= Besar perpindahan panas secara radiasi, K.cal atau watt/m
q_c	= Besar perpindahan panas secara konveksi, K.cal atau watt/m
q_t	= Besar perpindahan panas total, K.cal atau watt/m
q_f	= Beban panas pada produk, K.cal atau watt/m
A	= luas permukaan, m^2
k	= konduktivitas thermal bahan, K.cal/m.h. $^{\circ}C$ atau watt/m
k_a	= konduktivitas thermal bahan A, K.cal/m.h. $^{\circ}C$ atau watt/m
k_b	= konduktivitas thermal bahan B, K.cal/m.h. $^{\circ}C$ atau watt/m
$\frac{dt}{dx}$	= gradien temperatur, $^{\circ}C/m$
Δt	= perbedaan temperatur antara t_{panas} dengan t_{dingin} , $^{\circ}C$
Δt_R	= perbedaan temperatur rata-rata t_m dengan t_{m+1} , $^{\circ}C$
Δt_a	= perbedaan temperatur rata-rata t_6 dengan t_7 , $^{\circ}C$
Δt_b	= perbedaan temperatur rata-rata t_4 dengan t_5 , $^{\circ}C$
l	= tebal lapisan material insulasi, m
l_a	= tebal material insulasi A, m
l_b	= tebal material insulasi B, m
R_k	= tahanan panas, $^{\circ}C/Watt$
σ	= konstanta radiasi, $5,674.10^{-8}$ watt/ $m^2 \cdot K^4$
ε	= konstanta emisivitas permukaan kelabu
h_c	= konduktivitas thermal satuan rata-rata, K.cal/m.h. $^{\circ}C$ atau watt/m
C	= spesifikaasi panas ikan, 80 K.cal/kg. $^{\circ}C$
M	= massa ikan, kg
W	= berat material Insulasi, kg
F_1	= faktor lama penyinaran

F_2 = faktor lama penyinaran dengan faktor seluruh palkah

B_{awal} = Biaya investasi, Rp

$B_{material}$ = biaya material, Rp

B_{pasang} = biaya pemasangan, Rp

Kupersembahkan
untuk kedua orang tuaku, istriku tercinta
dan anakku yang masih dalam kandungan





BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dewasa ini protein yang berasal dari ikan mensuplai sekitar 75% (*Iljas hal 1*) dari protein hewani yang dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia. Disamping itu perikanan juga merupakan sumber pendapatan bagi berjuta-juta nelayan, petani ikan, pengolah ikan dan pedagang ikan. Selain itu perikanan juga menghasilkan jutaan dolar AS dalam bentuk devisa.

Bagian terbesar hasil perikanan didistribusikan dalam bentuk pemasaran ikan segar, terutama sebagai ikan basah baik yang didinginkan maupun tidak. Ikan segar selain merupakan kegemaran utama konsumen, juga sangat diperlukan sebagai bahan mentah untuk berbagai cara pengolahan.

Namun perlu diingat bahwa ikan merupakan jenis pangan yang sangat cepat rusak. Sedangkan nilai jual ikan basah dan hasil awetan serta hasil olahannya sangat ditentukan oleh kualitas derajat kesegaran dan daya awetnya.

Untuk dapat mempertahankan kondisi ikan tetap segar, diperlukan penanganan yang baik. Penanganan yang baik akan bisa terwujud, diantaranya adalah apabila terdapat tempat untuk mengamankan hasil tangkapan. Tempat tersebut adalah palkah ikan (*fish room*) yang memenuhi persyaratan, baik persyaratan biologis, teknis, sanitasi dan hygiene, maupun persyaratan ekonomis. Palkah yang dapat memenuhi persyaratan tersebut haruslah dibuat dari bahan yang sifatnya kedap air, permukaannya halus dan keras juga segera mengalirkan air ke lubang pembuangan, tidak menimbulkan karat, ringan dan dapat memantulkan cahaya sehingga dapat menerangi orang yang bekerja didalamnya.

Selain hal tersebut diatas, palkah juga harus mampu menjaga suhu udara tetap konstan. Untuk menjaga dan mempertahankan suhu dalam palkah



mendekati 0°C , maka palkah harus diberi lapisan insulasi. Dengan kata lain palkah tersebut dilapisi dengan suatu lapisan yang mampu menyerap panas yang ada di dalam palkah dan menahan aliran panas yang berasal dari luar palkah.

Bahan insulasi yang digunakan haruslah mempunyai spesifikasi teknis dan nilai ekonomis yang baik, dimana dari satu sisi sifat-sifat fisiknya baik dan dari sisi ekonomis mempunyai harga yang murah.

1.2 Tujuan penulisan

Dari penulisan ini, hal-hal penting yang ingin dicapai yang didasarkan atas analisa teknis dan ekonomis adalah:

1. Dapat mengetahui jenis material insulasi yang memiliki berat paling ringan diantara bahan-bahan insulasi yang dibandingkan, yang bisa digunakan untuk melapisi kompartemen kapal ikan
2. Dapat diketahui jenis material insulasi yang mempunyai harga/biaya investasi yang paling murah
3. Dengan analisa teknis dan analisa ekonomis yang dilakukan dapat diketahui material insulasi yang mempunyai keuntungan paling optimal dibandingkan dengan material insulasi lain yang diteliti.

1.3 Manfaat

Manfaat akan didapat dari penelitian ini adalah adanya referensi untuk menentukan jenis material insulasi yang akan digunakan untuk melapisi kompartemen kapal ikan, sehingga kualitas dari ikan hasil tangkapan dapat terjaga dan harga jual ikan dapat tetap tinggi. Dengan hal tersebut diatas maka kapal-kapal nelayan milik rakyat Indonesia mempunyai nilai ekonomis yang tinggi.

1.4 Perumusan masalah

Dalam penulisan ini, permasalahan yang akan dianalisa untuk mendapatkan solusi sebaik-baiknya adalah mengenai pemilihan terhadap jenis



bahan pelapis (insulasi) yang bisa digunakan untuk melapisi kompartemen kapal ikan (ruang ikan) dengan meninjaunya dari segi teknis dan segi ekonomis.

1.5 Batasan masalah

Dalam penulisan ini, pembatasan masalah dilakukan agar pembahasan tidak meluas dan untuk lebih memfokuskan perhatian pada hal yang dianalisa sehingga hasil yang diperoleh bisa optimal. Pembatasan masalah tersebut meliputi:

1. Analisa teknis ditekankan pada bahan yaitu analisa terhadap sifat thermal bahan yang bisa digunakan untuk melapisi (mengisolasi) kompartemen kapal ikan, dengan tidak memperhatikan faktor teknis lainnya seperti kekuatan tarik, kompresi, pemuaian, ketahanan terhadap air dan ketahanan terhadap api.
2. Penelitian hanya dilakukan pada material sekam, gabus dan polyurethane, dengan tidak memperhatikan bahan pelapis lain yang digunakan dalam kompartemen tersebut..
3. Dalam penganalisaan kondisi adalah dalam keadaan steady.
4. Dinding insulasi adalah datar tidak memperhatikan lekukan, sudut dan sambungan.
5. Ruang lingkup adalah pada kompartemen yang digunakan untuk menyimpan hasil tangkapan (palkah ikan), dengan tidak memperhatikan ukuran kapal ikan dan diasumsikan ruang ikan adalah 1 m^3 .
6. Tidak memperhatikan jenis hasil tangkapan.
7. Pada ruang ikan tidak terdapat muatan.
8. Analisa ekonomis yang dilakukan hanyalah pada biaya awal yaitu biaya material dan biaya pemasangan, tidak memperhatikan biaya lainnya seperti biaya operasional dan perawatan serta biaya disposisi.
9. Harga meterial insulasi yang diperhitungkan adalah pada saat material tersebut didapat dari produsen dan biaya pemasangan sesuai upah minimum yang berlaku.



1.6 Sistematika Penulisan

Metode penulisan tugas akhir ini adalah dengan menggunakan metode kuantitatif dimana data-data primer serta informasi yang relevan mengenai bahan insulasi didapat dari study literatur dan data yang diperoleh dari hasil percobaan.

Langkah-langkah pengerjaan Tugas Akhir ini adalah dengan terlebih dahulu melakukan perumusan masalah, hal ini dilakukan untuk lebih memfokuskan penyelesaian pada masalah yang ada. Untuk perumusan masalah tersebut terdapat pada **BAB I PENDAHULUAN**.

Dilanjutkan dengan tinjauan pustaka. Tinjauan pustaka yang dilakukan adalah dengan menelusuri dasar teori yang sesuai dengan bahasan pada tugas akhir ini, dari tinjauan pustaka ini didapat persamaan dasar penyelesaian dan teori mengenai material yang digunakan. Pembahasan ini terdapat pada **Bab II Tinjauan Pustaka**.

Setelah dasar teori didapat dilanjutkan dengan melakukan percobaan dengan material yang telah diketahui sifat-sifatnya. dari tahap ini akan didapat data primer hasil percobaan yang merupakan sumber analisa dari penelitian ini. Tahap ini terdapat pada **Bab III Metodologi Penelitian**.

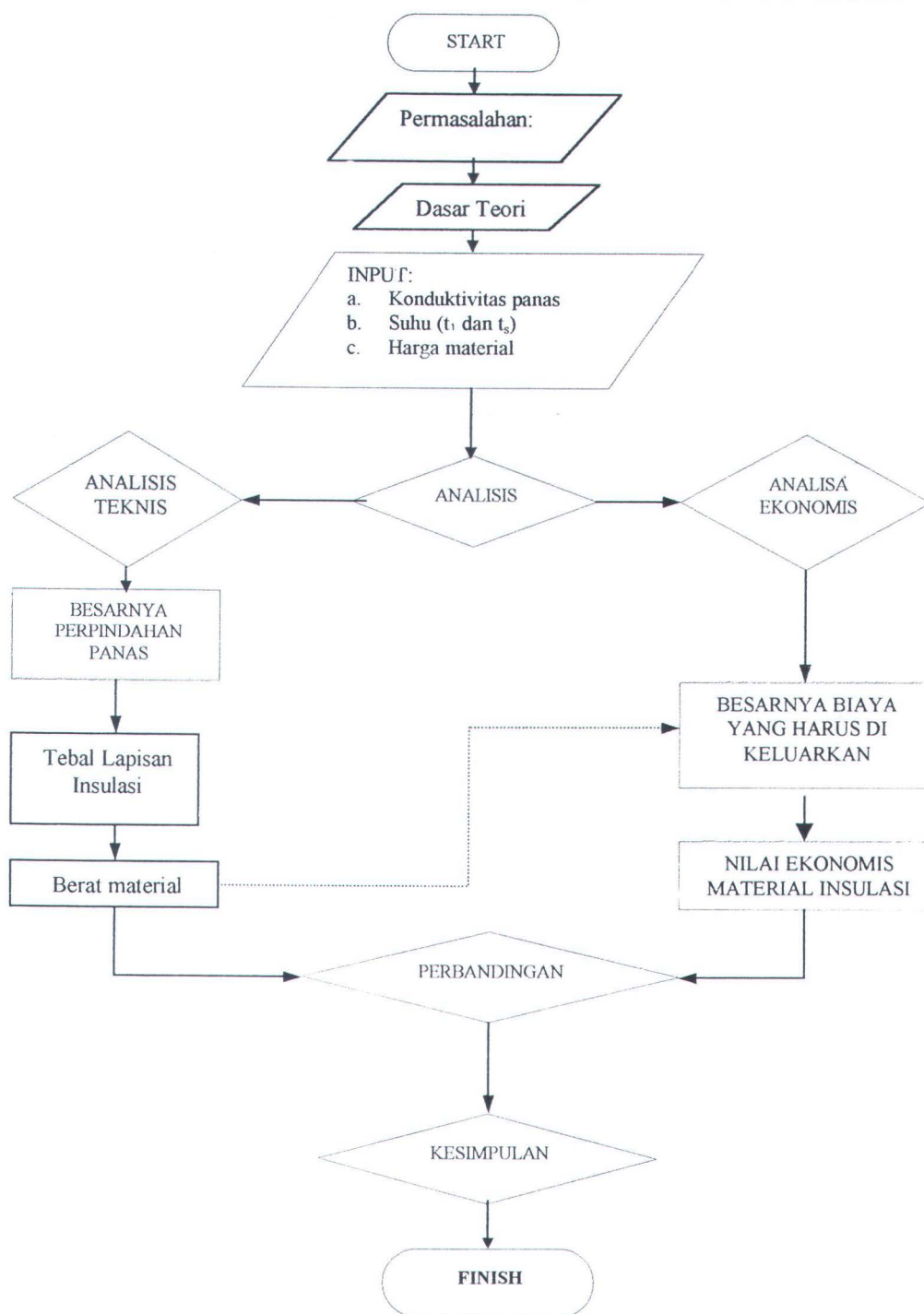
Dengan didapatnya data primer dari hasil percobaan, maka analisa dapat segera dilakukan. Analisa ini meliputi analisa teknis dan analisa ekonomis, selain itu pada tahap ini dilakukan pula perbandingan dengan hitungan yang didasarkan pada hasil analisa yang dilakukan. Tahap ini terdapat pada **Bab IV Analisa Data dan Pembahasan**.

Setelah hasil dari analisa dan pembahasan diketahui, maka kesimpulan dapat diambil. Pada tahap terakhir ini dapat diketahui sampai sejauh mana keberhasilan dari percobaan yang dilakukan, hal-hal penting yang didapat, dan saran untuk lebih menyempurnakan penelitian dimasa yang akan datang. Tahap terakhir ini Terdapat pada **Bab V Kesimpulan dan Saran**.

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat dari flowchart yang menunjukkan proses pengerjaan dari tugas akhir ini.



FLOWCAHART PROSES Pengerjaan TUGAS AKHIR



Gambar 1.1 Flowchart Proses Pengerjaan Tugas Akhir



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Panas sangat berpengaruh terhadap proses-proses yang terjadi di alam, baik untuk proses yang menguntungkan maupun yang merugikan. Panas dapat menyebabkan ikan menjadi cepat busuk, terutama pada waktu proses penangkapan ikan dilaut. Untuk mengurangi dan mencegah agar ikan tidak cepat membusuk diperlukan suatu usaha untuk mencegah terjadinya perpindahan panas dari luar ke dalam palka ikan. Bahan yang digunakan sebagai penahan perpindahan panas tersebut sering disebut dengan bahan insulasi.

2.1 Perpindahan panas

Perpindahan panas (*heat transfer*) adalah suatu proses dimana terjadi transport energi. Transport energi dalam konteks ini adalah apabila dalam suatu sistem terdapat gradient suhu atau bila ada dua sistem dengan suhu yang berbeda saling didekatkan.

Selain itu perpindahan panas didefinisikan juga sebagai berpindahnya energi atau panas dari suatu daerah ke daerah lainnya sebagai akibat dari beda suhu antara daerah-daerah tersebut.

2.1.1 Hukum dasar perpindahan panas

Kepustakaan perpindahan panas (*heat transfer*) mengenal tiga macam cara perpindahan panas yang berbeda, yaitu konduksi (*conduction*), radiasi (*radiation*) dan konveksi (*convection*).

Perlu untuk diketahui bahwa dalam kebanyakan situasi yang terjadi dalam perpindahan panas tidak dengan satu cara, tetapi terjadi dengan beberapa cara secara bersamaan. Dengan hal tersebut diatas perlu kiranya diketahui pengaruh dari berbagai cara perpindahan panas tersebut.

**a. Konduksi (conduction)**

Konduksi merupakan suatu proses dimana panas mengalir dalam suatu medium (padat, cair dan gas) atau antara medium-medium yang berlainan yang bersinggungan. Dalam hal ini, perpindahan panas terjadi karena hubungan secara langsung molekul tanpa adanya perpindahan molekul yang lebih besar. (Kreith, 1986)

Konduksi merupakan suatu mekanisme perpindahan panas dimana panas mengalir dalam suatu zat yang tidak tembus cahaya. Hubungan dasar dari perpindahan panas dengan cara ini dikemukakan oleh *J.BJ Fourier* yang menyatakan bahwa laju perpindahan panas secara konduksi dalam suatu bahan adalah (Kreith, 1986)

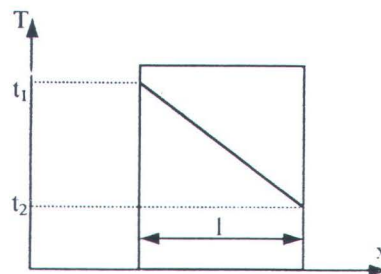
$$q_k = -k.A.\frac{dt}{dx} \quad (2.1)$$

Dimana : q_k = laju aliran panas (Btu/h atau watt/m)

A = luas (ft^2 atau m^2)

k = konduktivitas termal bahan ($\text{Btu}^1/\text{h ft F}$ atau watt/m.K)

$\frac{dt}{dx}$ = gradien suhu ($^{\circ}\text{F}/\text{ft}$ atau $^{\circ}\text{K}/\text{m}$)



Gambar 2.1 Perpindahan suhu dalam medium yang bersifat linier (Kreith, 1986)

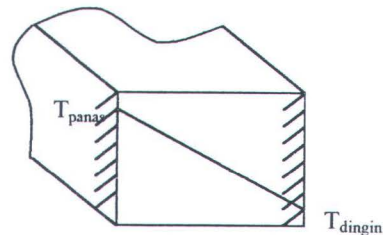
Tanda (-) dipengaruhi oleh gradient suhu yaitu aliran panas akan positif bila gradien suhu negatif (memenuhi hukum ke-2 termodinamika)



Untuk kasus sederhana, aliran panas dalam keadaan steady melalui dinding datar (plane), dimana gradien suhu dan aliran panas tidak berubah seiring waktu dan sepanjang lintasan aliran panas yang luas penampangnya sama. Dengan memperhatikan hal tersebut maka pers. 2.1 menjadi: (Kreith, 1986)

$$\frac{q_k}{A} \int_0^l dx = - \int_{t_{\text{panas}}}^{t_{\text{dingin}}} k \cdot dt \quad (2.2)$$

Batas integrasi dapat dikaji dengan memperhatikan gambar 2.2, dimana suhu permukaan sebelah kiri ($x = 0$) seragam (uniform) pada T_{panas} dan suhu pada permukaan sebelah kanan ($x = l$) uniform pada T_{dingin} .



Gambar. 2.2 Distribusi suhu untuk konduksi keadaan steady melalui dinding datar (Kreith, 1986)

Apabila k tidak tergantung pada t , setelah integrasi akan didapatkan rumus untuk konduksi melalui dinding datar, yaitu: (Kreith, 1986)

$$\begin{aligned} q_k &= \frac{A \cdot k}{l} (T_{\text{panas}} - T_{\text{dingin}}) \\ &= \frac{\Delta t}{\left(\frac{l}{A \cdot k} \right)} \end{aligned} \quad (2.3)$$

Dari pers. 2.3, dimana Δt adalah beda suhu antara T_{panas} dengan T_{dingin} , merupakan potensial penggerak penyebab aliran panas. $\frac{l}{A \cdot k}$ adalah setara dengan thermal resistance R_k (K/watt) yang diberikan oleh



dinding kepada aliran panas dengan cara konduksi. Dengan demikian maka: (*Kreith, 1986*)

$$R_k = \frac{l}{A.k} \quad (2.4)$$

sehingga besarnya aliran panas adalah:

$$q_k = \frac{\Delta t}{R_k} \quad (2.5)$$

Kebalikan dari tahanan thermal adalah konduktansi thermal (thermal conductance) dengan satuan Watt/k, yaitu :

$$K_k = \frac{A.k}{l} \quad (2.6)$$

dimana: $\frac{k}{l}$ = konduktansi thermal per satuan luas

Indeks k menunjukkan perpindahan panas secara konduksi.

Pengertian tahanan dan konduktansi akan bermanfaat pada analisa sistem termal dimana cara perpindahan panas terjadi secara bersamaan.

b. Radiasi

Radiasi adalah suatu proses perpindahan energi dimana panas mengalir dari benda bersuhu tinggi ke benda bersuhu rendah bila benda-benda tersebut terpisah dalam ruang atau bilamana terdapat ruang hampa diantara benda-benda tersebut (*Kreith, 1986*).

Didalam konteks perpindahan panas, radiasi dititikberatkan pada akibat yang ditimbulkan oleh perpindahan panas dan hal yang menyangkut perpindahan energi melalui medium yang tembus cahaya/melalui ruang. Oleh sebab itu, energi yang dibicarakan disini disebut dengan panas radiasi.

Jumlah energi yang meninggalkan suatu permukaan sebagai panas radiasi tergantung pada suhu mutlak dan sifat permukaan. Pada radiasi ini ada yang disebut dengan:

1. Radiator sempurna



Radiator sempurna ini sering disebut juga dengan benda hitam (*black body*) yang memancarkan energi radiasi dari permukaannya dengan laju q_r , yaitu (Kreith, 1986):

$$q_r = \sigma \cdot A_r \cdot t_r^4 \quad (2.7)$$

dimana: A_r = Luas permukaan (m^2)
 t_r = Suhu permukaan ($^{\circ}C$ atau $^{\circ}K$)
 σ = $5,674 \cdot 10^{-8}$ watt/ m^2K^4
 q_r = laju aliran panas (Watt).

Dari persamaan diatas, agar radiasi yang terjadi penuh maka diperlukan perbedaan suhu permukaan antara benda tersebut. Sehingga pertukaran panas bisa berlangsung. Perpindahan panas yang terjadi dapat dijabarkan sebagai berikut (Kreith, 1986):

$$q_r = \sigma \cdot A_r \cdot (t_1^4 - t_2^4) \quad (2.8)$$

dimana t_2 adalah suhu permukaan bagian dalam.

2. Benda kelabu (*grey body*)

Benda kelabu adalah benda real yang tidak memenuhi radiator ideal tetapi memancarkan radiasi panas dengan laju yang lebih rendah dari pada benda hitam. Laju perpindahan panas dari benda kelabu dengan T_1 dan benda hitam dengan T_2 yang mengelilinginya adalah (Kreith, 1986):

$$q_r = \sigma \cdot A_r \cdot \epsilon_r (t_1^4 - t_2^4) \quad (2.9)$$

dimana ϵ adalah emitasi permukaan kelabu dan sama dengan perbandingan pancaran (emision) dari permukaan benda kelabu terhadap pancaran radiator sempurna pada suhu yang sama.

Perpindahan panas secara radiasi ini menjadi sangat penting seiring dengan meningkatnya suhu benda. Dalam bidang teknik suhu yang mendekati suhu atmosfer (ruang), pemanasan dengan cara ini sering dapat diabaikan.

c. Konveksi



Konveksi adalah suatu proses transport energi yang merupakan kerja gabungan dari konduksi panas, penyimpanan energi, dan gerakan mencampur. Konveksi akan menjadi sangat penting sebagai mekanisme perpindahan panas/energi antara permukaan benda padat dan cairan atau gas (Kreith, 1986).

Perpindahan energi dengan cara ini berlangsung dalam beberapa tahap, yaitu:

- a. Panas akan mengalir dengan cara konduksi dari permukaan ke partikel-partikel fluida yang berbatasan, sehingga suhu dan energi dalam partikel-partikel fluida akan naik.
- b. Partikel fluida akan bergerak ke daerah yang bersuhu lebih rendah, bercampur dan memindahkan sebagian energinya pada partikel fluida yang lain.

Laju perpindahan panas dengan cara konveksi antara suatu permukaan dan suatu fluida dapat dihitung dengan hubungan sebagai berikut (Kreith, 1986):

$$q_c = h_c \cdot A \cdot \Delta t \quad (2.10)$$

dimana: q_c = laju perpindahan panas secara konveksi (Joule/s atau Watt)

A = luasan (m^2)

$\Delta t = K$ = beda suhu permukaan t_s dengan suhu fluida t_∞ ,

dilokasi yang ditentukan (biasanya jauh dari permukaan).

h_c = konduktivitas termal satuan konveksi rata-rata..

2.1.2 Persamaan perpindahan panas untuk insulasi tunggal

Besarnya perpindahan panas yang terjadi, diperoleh dari hukum dasar energi, gaya dan tahanan. Dari ketiga hal tersebut diperoleh persamaan pertama dari perpindahan panas, yaitu (Turner, 1981):

$$\text{Perpindahan panas} = \frac{\text{perbedaan temperatur}}{\text{tahanan termal}} \quad (2.11)$$

tetapi perlu di ingat bahwa :



$$\text{Tahanan termal} = \frac{\text{tebal.dari.bahan.isolasi}}{\text{konduktivitas.panas.bahan}} \quad (2.12)$$

sehingga persamaan perpindahan panas menjadi (analog dengan persamaan 2.3):

$$\text{Perpindahan panas} = \frac{\Delta t}{\left(\frac{l}{k}\right)} \quad (2.13)$$

dimana: Δt = perbedaan suhu ($^{\circ}\text{C}$)

l = tebal lapisan isolasi (m)

k = konduktivitas panas bahan ($\text{Kcal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^{\circ}\text{C}$)

q = perpindahan panas (Kcal/h)

$$\text{sehingga:} \quad q = \frac{t_1 - t_2}{\left(\frac{l}{k}\right)} \quad 2.14)$$

$$\text{sehingga:} \quad \frac{l}{k} q = t_1 - t_2 \quad 2.15)$$

$$\text{sehingga:} \quad \frac{l}{k} = \frac{t_1 - t_2}{q} \quad (2.16)$$

2.1.3 Persamaan perpindahan panas untuk 2 atau lebih lapisan insulasi

Semua tahanan pada masing-masing bagian dari insulasi merupakan penjumlahan dari panas yang mengalir. Sehingga, apabila t_1 adalah suhu permukaan tertinggi dalam $^{\circ}\text{C}$ dan t_s adalah suhu permukaan yang lebih rendah dalam $^{\circ}\text{C}$, maka (Turner, 1981):

$$q_t = \frac{t_1 - t_2}{(R_1 + R_2 + R_3 + \dots)} \quad 2.17)$$

apabila $R = l/k$, maka untuk 2 atau lebih lapisan insulasi besarnya perpindahan panas adalah sebagai berikut:

$$q = \frac{t_1 - t_2}{\left[\left(\frac{l_1}{k_1}\right) + \left(\frac{l_2}{k_2}\right) + \left(\frac{l_3}{k_3}\right) + \left(\frac{l_n}{k_n}\right) \right]} \quad (2.18)$$



dengan n adalah banyaknya lapisan insulasi dan angka indeks menunjukkan urutan dari lapisan mulai dari dalam ke luar area yang diinsulasi.

2.1.4 Besar perpindahan panas pada palkah kapal ikan

Besarnya perpindahan panas pada kapal ikan terjadi karena adanya perbedaan suhu antara udara luar dengan suhu udara dalam ruang ikan. Perpindahan panas yang terjadi bisa melalui beberapa bagian dari badan kapal, yaitu: sisi kapal, dinding sekat dan dari geladak. Besarnya bagian-bagian perpindahan panas tersebut bisa dihitung dengan menggunakan rumus Fourier (pers. 2.1) yaitu (*Chimpen, 1988*):

$$q_i = KA(t_1 - t_2) \quad (2.19)$$

dengan K = heat transfer coefficient untuk semua lapisan ($\text{Kcal/m.h.}^\circ\text{C}$)

Besarnya K dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$k = \frac{1}{\left[\left(\frac{1}{h_{\text{ext}}} \right) + \left(\frac{l_1}{k_1} \right) + \left(\frac{l_2}{k_2} \right) + \left(\frac{l_n}{k_n} \right) + \left(\frac{1}{h_{\text{int}}} \right) \right]} \quad (2.20)$$

dimana: $h_{\text{ext}}/h_{\text{int}}$ = coefficient dari pelapis bagian luar dan dalam ($\text{Kcal/m.h.}^\circ\text{C}$)

Untuk menentukan besarnya perpindahan panas yang terjadi perlu diketahui seberapa besar temperatur daerah disekitar ruang ikan. Dari *Winarno (1995)* diperoleh bahwa temperatur udara luar adalah sebesar 35°C dengan suhu yang diinginkan dalam ruang ikan sebesar 0°C . Dari *Chimpen (1988)* diketahui bahwa temperatur udara luar adalah sebesar 22°C . sehingga terjadi selisih antara temperatur udara luar untuk daerah tropis dengan temperatur udara luar didaerah sedang sebesar 13°C . Apabila dianggap penambahan tersebut berlaku untuk seluruh kondisi suhu pada masing-masing bagian ruang ikan, maka besarnya suhu untuk bagian-bagian tersebut adalah sebagai berikut:

1. Sekat kamar mesin 48°C
2. Lambung 35°C



3. Sekat lainnya 30°C
4. Geladak 35°C
5. Alas 30°C

Besarnya perpindahan panas yang terjadi dari sisi kapal dan bagian atas (geladak) adalah bersumber dari pemanasan oleh matahari. Pemanasan yang perlu diperhatikan adalah pada waktu terjadi pemanasan maksimal. Dengan mengasumsikan bahwa haluan kapal menghadap ke utara, besarnya perpindahan panas maksimum terjadi sesuai harga tersebut dibawah ini: (Winarno, 1995)

1. Bagian timur, terjadi pukul 09.00 – 11.00
2. Bagian selatan, terjadi pukul 12.00 – 14.00
3. Bagian barat terjadi pukul 16.00 – 18.00

Sehingga besarnya perpindahan yang terjadi, persamaan 2.19 di atas menjadi (Winarno, 1995):

$$q = K (t'_2 - t_1) \cdot F_1 + (t_2 - t_1) \cdot F_2 \quad (2.21)$$

Dimana; t'_2 = temperatur udara luar dengan koreksi = $35^{\circ}\text{C} + 2,22^{\circ}\text{C}$

t_1 = temperatur ruangan yang direncanakan = 0°C

F_1 = faktor lama penyinaran = 2

t_2 = temperatur udara luar tanpa koreksi

F_2 = faktor lama penyinaran dengan faktor seluruh palkah
= $24 - 2 = 22$

Besarnya beban panas total adalah merupakan penjumlahan dari masing-masing bagian beban panas dan penambahan sebesar 20% sebagai faktor keamanan. Sehingga besarnya beban panas total adalah (Chimpen, 1988):

$$q_t = 1.2 \sum q_i \quad (2.22)$$

2.1.5 Beban panas pada produk

Beban panas yang bekerja pada produk adalah beban panas yang berasal dari ikan itu tersendiri. Beban panas ini terjadi karena pada waktu ikan tersebut mengalami penurunan kualitas maka pada ikan tersebut terjadi



proses pembusukan yang mengeluarkan panas. Besarnya beban panas tersebut dijabarkan sebagai berikut (*Quality, 1995*):

$$q_f = m.C. (t_1 - t_2) \quad (2.23)$$

dimana: q_f = beban panas yang bekerja pada produk (Kcal)

m = massa ikan yang terdapat pada palkah ikan (kg)

C = spesifikasi panas ikan (80 Kcal/kg. $^{\circ}$ C)

2.2 Konduktivitas thermal bahan

Konduktivitas thermal bahan menunjukkan sifat bahan dalam mengalirkan panas yang melintasi satu satuan luas jika gradient suhunya satu. Bahan yang mempunyai konduktivitas thermal bahan yang tinggi dinamakan konduktor, sedangkan bahan yang konduktivitas termalnya rendah disebut isolator. Konduktivitas thermal untuk beberapa bahan seperti tabel 2.1 berikut:

Tabel. 2.1 Harga konduktivitas Thermal k (*Kreith hal 8*)

Bahan	Btu/h ft F	W/m k
Gas pada tekanan atmosferik	0,004 – 0,10	0,0069 - 0,17
Bahan Isolasi	0,02 – 0,12	0,034 – 0,21
Cairan bukan logam	0,05 – 0,40	0,086 – 0,69
Zat padat bukan logam (batu, bata, semen)	0,02 – 1,50	0,034 – 2,60
Logam cair	5,0 – 45	8,6 – 76
Paduan	8,0 – 70	14 – 120
Logam murni	30 - 240	52 – 410

Harga konduktivitas thermal bahan ini sangat dipengaruhi oleh besarnya temperatur yang melalui bahan tersebut (*Basuki, 1986*). Untuk hal tersebut untuk dapat mengetahui besarnya harga konduktivitas thermal bahan pada suatu temperatur tertentu diperlukan pengukuran harga konduktivitas thermal bahan. Pengukuran harga konduktivitas thermal bahan ini dilakukan dengan alat yang disebut *Thermal Conductivity Measuring Apparatus*.

Data yang diperoleh dari hasil pengukuran tersebut kemudian dihitung untuk mendapatkan harga konduktivitas thermal bahan. Langkah-langkah perhitungan harga konduktivitas thermal bahan ini dapat dilakukan sebagai berikut (*Thermal, 1985*):



- a. Data temperatur yang didapat diselisihkan antar data suhu yang berdekatan, yaitu antara t_1 dengan t_2 , t_2 dengan t_3 , dan seterusnya sampai antara t_9 dengan t_{10} . Kecuali untuk suhu antara t_4 dengan t_5 dan suhu antara t_6 dengan t_7
- b. Dari data yang didapat dari langkah diatas dihitung temperatur rata-rata dengan persamaan sebagai berikut:

$$\Delta t_R = \frac{\Delta t_{1,2} + \Delta t_{2,3} + \Delta t_{3,4} + \Delta t_{7,8} + \Delta t_{8,9} + \Delta t_{9,10}}{6} \quad (2.24)$$

- c. Untuk mendapatkan besarnya selisih antara t_4 dengan t_5 dimana terdapat material uji ϕ 40 mm dengan tebal 4 mm kemudian disebut dengan Δt_b , dann untuk selisih temperatur antara t_6 dengan t_7 dimana terdapat material uji ϕ 40 mm dengan tebal 2 mm kemudian disebut Δt_a adalah dengan membacanya dari grafik yang diperoleh dari pembacaan data hasil pengukuran.
- d. Harga konduktivitas thermal bahan A (tebal 2 mm) dinotasikan dengan K_a dan harga konduktivitas thermal bahan B (tebal 4 mm) dinotasikan dengan K_b . Perhitungan dari konduktivitas thermal bahan keduanya dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$- k_a = \frac{\Delta t_R \cdot l_a}{\Delta t_a \cdot l_R} \cdot k_R \quad (2.25)$$

$$- k_b = \frac{\Delta t_R \cdot l_b}{\Delta t_b \cdot l_R} \cdot k_R \quad (2.26)$$

dimana l_b dan l_a menunjukkan ketebalan material uji (m), l_R menunjukkan tebal dari material standart yaitu 30 mm dan k_R menunjukkan harga konduktivitas thermal material standart sebesar 320 Kcal/mh⁰C

- e. Untuk harga konduktivitas thermal bahan (k) secara keseluruhan dihitung dengan rumus berikut:

$$k = \frac{l_b - l_a}{\left(\frac{l_b}{k_b} - \frac{l_a}{k_a} \right)} \quad (2.27)$$





2.3 Menentukan tebal dari lapisan insulasi.

Daya insulasi material dipengaruhi oleh kondisi dari material tersebut yaitu apakah dalam kondisi basah atau kering. Daya insulasi material adalah efektif apabila keadaanya kering dan apabila keadaanya basah berlaku sebaliknya. Konduktivitas panas material pada waktu basah adalah 16~20 kali lebih besar dibanding dengan keadaan pada waktu kering (*Turner, 1981*). Dengan alasan tersebut maka lapisan insulasi harus dijaga agar tetap dalam keadaan kering.

Bagaimanapun baiknya material insulasi, dalam penggunaannya tetap harus memperhatikan ketebalannya agar penggunaannya ekonomis. Untuk hal tersebut maka ketebalan dari insulasi ini harus diperhitungkan. Perhitungan tebal lapisan insulasi minimum dapat dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut (*Turner, 1981*) :

1. Menentukan besarnya suhu permukaan.

Menentukan besarnya perpindahan panas, besarnya perpindahan panas ini dapat dicari dengan memperhitungkan perambatan panas secara konveksi Sehingga besarnya perpindahan panas adalah :

$$q_a = q_k \quad (2.28)$$

2. Menentukan tebal lapisan insulasi; untuk menentukan tebalnya lapisan insulasi ini dapat menggunakan persamaan yang analog dengan pers. 2.5, yaitu:

$$q_a = \frac{\Delta t}{R} \quad (2.29)$$

apabila $l = R.k$, maka tebal lapisan insulasi bisa dicari dengan menggunakan persamaan berikut:

$$l = \frac{\Delta t}{q_a} k \quad (2.30)$$

Tebal dari lapisan insulasi berpengaruh pada banyaknya material insulasi yang harus digunakan untuk melapisi kompartemen kapal ikan, yang ujung-ujungnya berhubungan dengan biaya yang harus dikeluarkan untuk menyelesaikan pekerjaan tersebut.



2.4 Kondisi palkah ikan dan kebutuhan insulasi

Umumnya palkah ikan dalam kondisi tidak terawat kebersihannya, hal ini menyebabkan tumbuhnya berbagai jenis hama dan bakteri perusak. Selain itu sistem drainage juga biasanya mampat dan kotor, pada sekat kamar mesin dan geladak biasanya berlubang yang mengakibatkan panas dari luar mengalir masuk kedalam palkah ikan. Apalagi untuk kapal yang beroperasi didaerah tropis, pembusukan ikan akan cepat sekali karena panas yang begitu tinggi (*Chimpen, 1988*).

Panas yang masuk ke dalam palkah ikan bisa dengan berbagai macam cara, diantaranya adalah dengan melalui ikan sendiri, aktivitas bakteri pembusuk, orang yang bekerja didalam palkah, pertukaran udara luar dan udara dalam, sekat kamar mesin, dasar kapal, samping kapal dan lain-lain.

Selain itu penangkapan ikan biasanya juga dilakukan dekat sekat kamar mesin dan juga tutup palkah kurang mampu menahan panas dari luar. Untuk dapat mengurangi besarnya panas yang masuk ke dalam palkah maka penggunaan dari insulasi mutlak diperlukan.

Penggunaan insulasi ini tergantung pada beberapa faktor yang diantaranya adalah (*Chimpen, 1988*):

1. Iklim (*climate*)
2. Konstruksi dari kapal (*vessel construction*)
3. Metode penyimpanan (*methode of stowage*)
4. Lamanya berlayar (*length of voyage*).

Namun dari semua hal tersebut kapasitas dari ruang muat tetap menjadi faktor yang paling penting untuk diperhatikan, yaitu bahwa insulasi yang digunakan haruslah tipis dengan material yang baik, tetapi material yang bermutu tinggi mempunyai harga yang mahal bila dibandingkan dengan isolasi yang tebal dengan harga yang lebih murah.

Semua faktor tersebut berhubungan dengan nilai ekonomis yang dimiliki oleh masing-masing material, dimana material yang paling ekonomislah (keuntungannya optimal) yang dipilih. Keuntungan yang paling optimal itu



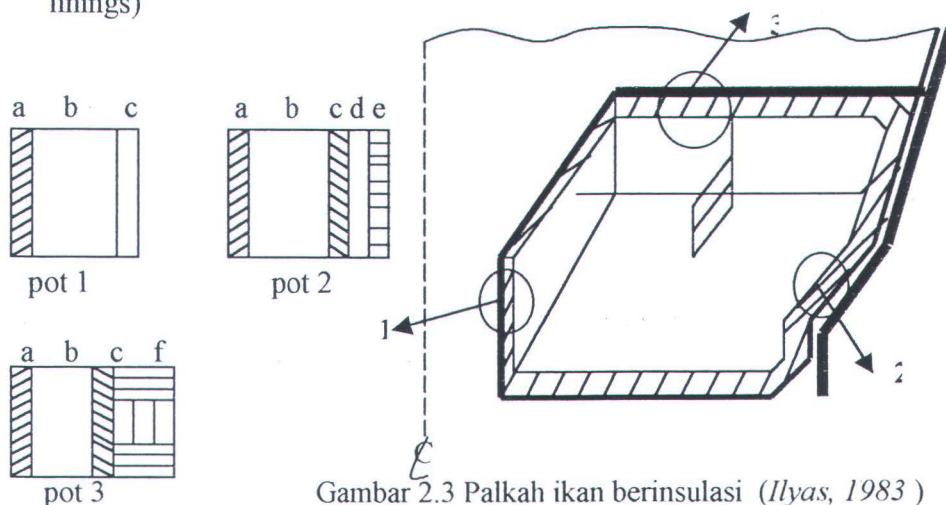
adalah bahwa harga dari material insulasi murah dan kehilangan kapasitas ruang muat dapat sekecil mungkin.

2.5 Palkah ikan berinsulasi

Lapisan insulasi yang dipasang untuk melapisi palkah ikan sebaiknya tidak langsung menempel pada kulit kapal (pelat lambung), tetapi terdapat rongga udara antara pelat lambung dengan lapisan palkah ikan (*Ilyas, 1988*).

Lapisan insulasi yang dipasang untuk melapisi palkah ikan adalah dengan memperhatikan hal-hal berikut ini:

1. Sesudah kulit kapal terdapat rongga udara.
2. Pemasangan bahan insulasi.
3. Lapisan insulasi.
4. Penutupan lapisan insulasi dengan lapisan penutup palkah ikan (fishroom linings)



Gambar 2.3 Palkah ikan berinsulasi (*Ilyas, 1983*)

Keterangan Gambar:

- a. Lapisan penutup palkah (plywood marine dll)
- b. Rongga dan sekat penyokong yang diisi insulasi dan pada bagian sisi dalam dilapisi penahan uap (vapor barrier yang bisa berupa lembaran plastik)
- c. Pelat baja dalam
- d. Rongga sebelah kulit luar



- e. Kulit kapal
- f. Lantai papan deck

Gambar 2.3 menunjukkan urutan pelapisan dari palkah ikan, sehingga penggunaan material insulasi menjadi efektif optimal.

2.6 Material insulasi

Design, konstruksi, dan material yang akan digunakan untuk melapisi palkah ini harus memenuhi beberapa syarat, yaitu (*Iljas, 1983*):

1. Biologis, yaitu bahwa ikan sebagai bahan biologis segera setelah ditangkap dan dimuat kedalam palkah akan segera mengalami penurunan mutu yang mengarah kepada pembusukkan. Sehingga palkah harus mampu mengatasi masalah pertumbuhan bakteri dalam ikan.
2. Teknis, yaitu bahwa panas dari luar seperti dari udara, air laut ataupun kegiatan mesin harus dapat ditahan dan direduksi oleh lapisan palkah.
3. Sanitasi dan Hygienes, yaitu bahwa palkah aman bagi ikan didalamnya, khususnya palkah juga tidak menimbulkan pencemaran bakterial dan korosif dari logam yang berkarat.

Pengisolasi panas (thermal insulation) didefinisikan sebagai material atau komposit material yang digunakan dengan tujuan untuk mengurangi besarnya perpindahan panas yang terjadi. Ciri-ciri penting yang harus diperhatikan dalam menentukan jenis insulasi yang akan digunakan, diantaranya adalah berat relatif untuk tiap m^3 (kg/m^3), konduktivitas panas ($Kcal/m^2.jam.^0C$), tahan terhadap resapan air (water proof), tahan api, tidak berbau, harga untuk tiap m^3 (Rp/m^3), dan biaya pemasangannya.

Berdasarkan atas bentuknya, material insulasi digolongkan atas tiga (3) kelompok yaitu (*Charles, 1985*):

1. Bentuk Serat (Fibrous), terdiri dari lapisan organik dan anorganik yang diproduksi dalam bentuk blanket (lembaran seperti selimut). Material insulasi ini bisa lembut (soft) dan tembus cahaya (light) atau dapat pula dibuat dalam bentuk kaku (rigid) dan keras (hard).



2. Bentuk selluler (celluler), mempunyai struktur yang disusun oleh gelembung-gelembung kecil (small bubbles) yang terintegrasi dengan komponen dasarnya.

Bentuk Granular, biasanya loose fill-foam namun dapat juga dalam bentuk molded konfigurasi.

Material yang bisa digunakan untuk mengisolasi panas berdasar atas kelasnya, dikelompokkan dalam enam kelompok besar, yaitu (*Charles, 1958*):

1. Loose-fill insulation

Loose-fill insulation adalah material yang dibuat dalam bentuk granular, cellular, powdered atau fibrous foam. Material dalam kelompok ini biasanya digunakan, misalnya untuk mengisolasi bagian luar struktur (bangunan), tas bawaan (hand pocked) dan memperkuat struktur diantara penegar-penegarnya.. Selain mudah untuk dipergunakan, material jenis ini mempunyai kelemahan yang diantaranya adalah perlu banyak waktu untuk mengerjakannya dan kadang-kadang berubah bentuk karena getaran.

Material organik yang digunakan sebagai loose-fill insulation diantaranya yaitu: wood fibers, sawdust, dan granulated cork

2. Flexible insulation

Material pengisolasi ini di buat dalam bentuk blanket/batts. Material dalam bentuk blanket diantaranya adalah mineral wool, such as rock, glass and slag wool, wood fibre, cotton dan lain-lain.

3. Rigid structural insulation

Material pengisolasi ini di buat dalam bentuk board wood, sugar cane dan bentuk lainnya dari fibre. sifat dari material kelompok ini diantaranya adalah tahan adhesip, anti air (water proof) serta dapat memberikan kekuatan pada struktur. Umumnya fiberboard diproduksi untuk dipergunakan pada bangunan sebagai plester dasar dan isolasi dasar.

4. Slab insulation

Bentuk slab atau block dari isolasi ini adalah kecil dan kaku. Umumnya digunakan untuk pekerjaan pendinginan, yaitu sebagai pelapis/isolator menurunkana dan mempertahankan suhu tetap rendah.



5. Insulation Brick

Material isolasi yang digunakan pada suhu tinggi. Umumnya diproduksi dalam bentuk bubbles .

6. Reflection insulation

Material dengan emisivitas rendah dan daya reflektivitas yang tinggi, digunakan untuk menahan perpindahan panas dengan cara konveksi dari angkasa (air space).

Material insulasi yang ditinjau pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

a. Gabus (*stereo foam*)

Gabus merupakan material insulasi yang sangat banyak digunakan untuk berbagai macam keperluan. Banyaknya penggunaan material ini adalah karena kelebihan dari material tersebut. Kelebihan dari material ini diantaranya adalah kaku, mengurangi besarnya tahanan (*poor abrasion resistance*), mudah dibentuk dengan proses produksi yang sangat cepat, tahan air dan lain-lain (*Turner, 1981*). Penggunaannya sebagai bahan insulasi adalah karena material ini mempunyai harga konduktivitas panas yang cukup baik. Beberapa sifat fisik dari material gabus ditunjukkan seperti tabel 2.2.

Tabel 2.2 Sifat-sifat Fisis Material Gabus*)

Sifat	Harga
Density (kg/m^3)	145
Range penggunaan ($^{\circ}\text{C}$)	-180 ~ 650
Tahan api	Baik
Kompresi (kg/m^2)	3000

*) diolah dari berbagai sumbe

b. Sekam

Sekam merupakan produk penggilingan padi yang banyak terdapat di Indonesia. Sekam merupakan lapisan kulit padi yang keras dan mengandung karlepsi, terdiri atas dua belahan (leman dan palea) yang saling bertautan (*Setyaningtyas, 1996*)





Menurut C.L Huang dan D.s Wu (*Triwulan, Setyaningtiyas, 1996*) sifat-sifat kimia dari sekam adalah mirip dengan serat organik pada umumnya, yaitu mengandung:

- a. Cellulose ($C_5H_{10}O_5$), merupakan polymer glukose.
- b. Ligne ($C_7H_{10}O_3$), merupakan polymer phenol
- c. Hemicellulose ($C_5H_8O_4$), merupakan polymer xylose.
- d. SiO_2 , merupakan komponen utama abu

Menurut Van Ruiten (*Setyaningtiyas bab II hal 20*), sifat fisik dari sekam adalah sebagai berikut:

- a. Prosentase sekam adalah 14% - 26% dari berat gabah, tergantung dari varietas padi.
- b. Bulk density (kerapatannya) adalah $86,84 \text{ kg/m}^3$.
- c. Besarnya kalori per kg adalah 3300 Kkal
- d. Kandungan air adalah 10% sebagai akibat evatranspirasi karena gesekan dan transportasi udara.

c. Poly-urethana

Poly-urethane didasarkan atau kekerasannya dapat dikelompokkan dalam dua (2) kelompok besar, yaitu (*Delino, 1990*):

1. Flexible foam, digunakan pada furniture dan kendaraan bermotor khususnya mobil dalam bentuk rubber. Bentuk rubber ini memiliki beberapa keuntungan yaitu lebih kuat, lebih rendah densitynya dan mudah untuk diperbaiki.
2. Rigid Foam, bentuk ini dikenal dengan nama Rigid Poly-urethane (PUR) foam. PUR mempunyai ikatan polymer yang sangat kuat dengan struktur sel tertutup dalam bentuk bubble.

Poly-urethane yang banyak digunakan sebagai material insulasi adalah dari jenis PUR, hal ini adalah karena bentuk sel yang seperti bubble (gebung-gelembung) mampu memperlambat gerakan dari gas (fluida) dan juga memiliki harga rambatan panas yang rendah. PUR juga



mempunyai tahanan kompresi yang baik dan bisa digunakan pada struktur dengan berat yang minimal.

Sifat-sifat fisik dari Polyurethane diantaranya adalah seperti ditunjukkan tabel 2.3

TABEL 2.3 Sifat-sifat Fisik Poly-urethane*)

Sifat	Harga
Density (kg/m^3)	32
Temperatur Aplikasi ($^{\circ}\text{C}$)	-75 ~ 100
Kekuatan tekan (ton/m^2)	12
Permeabilitas	rendah

*) diolah dari berbagai sumber

Untuk menjaga agar konduktivitas panas dari PUR tetap rendah, dan tidak terjadi kebocoran, PUR harus memiliki lebih dari 96% sel tertutup dengan massa jenis (density) diatas 30 kg/m^3 ($0,03 \text{ ton/m}^3$)

2.7 Nilai ekonomis material isolasi

Untuk menentukan bahan insulasi yang akan digunakan, nilai ekonomis material insulasi perlu diketahui. Nilai ekonomis ini menyangkut biaya yang ada pada material tersebut dan analisa untuk menentukannya.

a. Macam biaya

Macam-macam biaya dalam perhitungan nilai ekonomis untuk suatu peralatan atau sistem meliputi biaya awal, biaya operasional dan perawatan, dan biaya disposal (*Pujawan, 1988*)

Biaya awal merupakan keseluruhan investasi awal yang dibutuhkan untuk mengadakan suatu sistem atau item dan tidak akan terulang lagi. Biaya operasional dan perawatan adalah biaya atau ongkos-ongkos yang senantiasa terjadi berulang-ulang yang diperlukan untuk mengoperasikan dan merawat item yang bersangkutan selama masa pakainya.

Biaya disposal adalah biaya yang timbul karena barang/item tersebut sudah tidak terpakai lagi. Termasuk dalam jenis biaya ini adalah ongkos tenaga kerja untuk membuang item tersebut



b. Perbandingan biaya

Analisa ekonomi teknik pada suatu rencana investasi adalah mengarahkan perencana dalam suatu pilihan untuk menentukan keputusan yang terbaik dari beberapa alternatif perencanaan yang menyangkut layak tidaknya alternatif tersebut untuk dipilih.

Penentuan alternatif ini bisa berupa perbandingan biaya dari beberapa pilihan yang direkomendasikan, dapat pula analisis ekonomi melibatkan unsur resiko yang mungkin bisa terjadi. Disamping itu selain membandingkan dengan berbagai macam biaya, analisa ekonomi juga dapat berdasar atas manfaat dari rencana investasi bersangkutan.

Pemilihan alternatif investasi bisa di bagi dalam beberapa katagori yaitu:

- a. Katagori pertama pemilihan diantara beberapa alternatif bisa dilakukan atas dasar perbandingan dari nilai tahunan atas manfaat dan biaya.
- b. Katagori kedua adalah dengan membandingkan biaya yang dibuat bedasar nilai sekarang (*present value*) dari semua biaya pengeluaran dan biaya manfaat selama umur rencana investasi.

Bila suatu rencana investasi (*proyek alternatif*) mempunyai manfaat yang identik ataupun mirip, maka pemilihan hanya didasarkan pada bagian yang paling ekonomis.



BAB III

METODELOGI PENELITIAN

Dalam Tugas Akhir ini diadakan penelitian yaitu berupa pengukuran konduktivitas thermal bahan. Pengujian dilakukan dengan menggunakan alat pengukur konduktivitas thermal bahan yang disebut dengan nama Thermal Conductivity Measuring Apparatus model HVS-40-200SF yang terdapat di laboratorium Spektroskopi jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam ITS.

Pengujian dilakukan dalam tiga variasi suhu, yaitu pada 35°C , 50°C , dan 75°C . Untuk masing-masing suhu tersebut dilakukan pembacaan sebanyak tiga kali. Perbedaan suhu yang diberikan dan banyaknya pengukuran untuk satu kondisi suhu yang diberikan adalah untuk mendapatkan harga konduktivitas thermal bahan yang lebih akurat.

3.1 Pembuatan Spesimen (material uji)

Material uji (spesimen) berbentuk silinder dengan ukuran ϕ 40 mm dengan tebal masing-masing 2 mm dan 4 mm. Bahan bahan yang digunakan tersebut adalah:

a. Sekam

Pada proses pembuatan material uji ini, sekam terlebih dahulu di press. Karena sekam mudah sekali terlepas (tercerai-berai), maka pada sekam ini dicampurkan resin dan catalist untuk memperkuat ikatannya. Setelah cukup kering sekam dibentuk sesuai dengan ukuran material uji yang disesuaikan dengan ukuran material uji standar. Dan pada bagian luar dari material uji ini masih dilapisi dengan lapisan lem.



b. Gabus

Gabus yang digunakan dalam penelitian ini adalah gabus yang sudah sangat umum terdapat di pasaran, yaitu spesimen dibuat dari gabus yang di jual dipasaran. Proses pembuatan spesimen (material uji) cukup dengan meneranya sesuai denngan ukuran material uji standart, mengeratnya sampai didapat ukuran standar material uji

c. Polyurethane

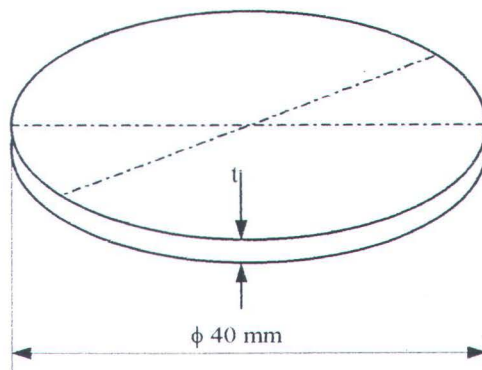
Polyurethane yang digunakan sebagai material uji dibentuk dari bahan-bahan polyurethane yang dijual dipasaran, yaitu:

1. Polyurethane warna putih (polyurethane A)
2. Polyurethane warna hitam (polyurethane B)

Kedua jenis polyurethane ini dicampur dengan komposisi 1: 1, yaitu 1 bagian polyurethane A dan 1 bagian Polyurethane B. Campuran dari kedua bahan ini akan mengembang membentuk spon (busa). Setelah cukup kering baru dibentuk sesuai dengan ukuran material uji standar.

Ketiga bahan tersebut diatas dibuat masingmasing menjadi 2 buah spesimen uji, yaitu:

1. Diameter 40 mm dengan tebal 4 mm
2. Diameter 40 mm dengan tebal 2 mm



Gambar 3.1 Bentuk material uji

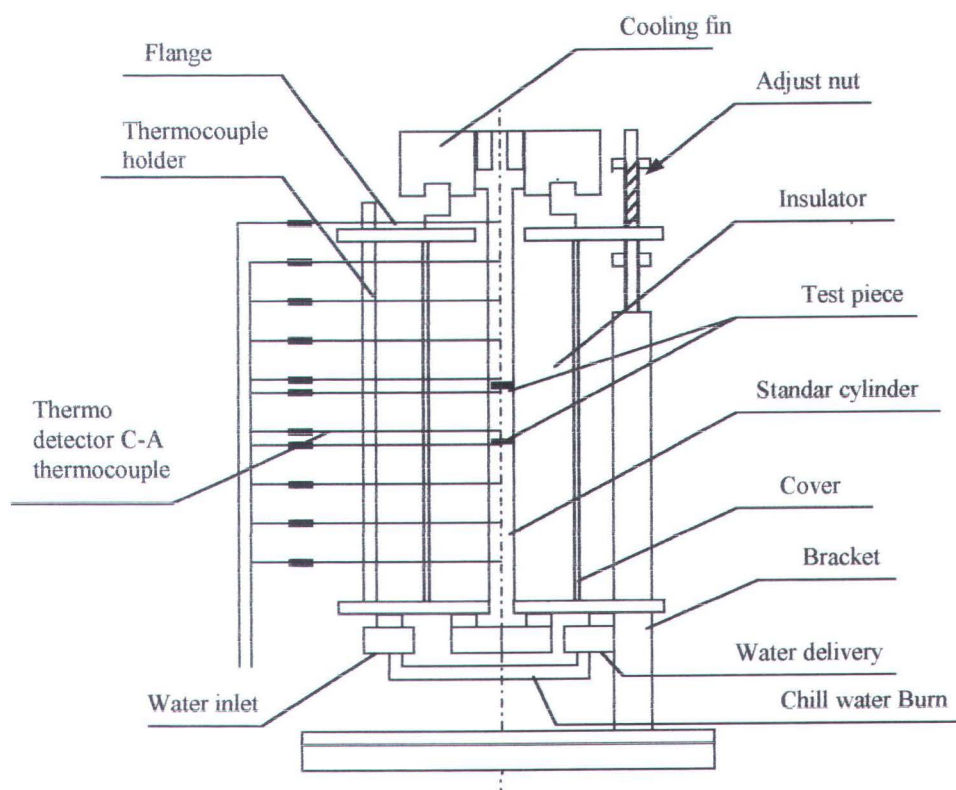


3.2 Pelaksanaan pengujian

Pelaksanaan pengujian ketiga bahan tersebut dilakukan dengan langkah-langkah berikut ini:

1. Persiapan alat dan bahan

- Pemeriksaan ulang terhadap meterial uji untuk menghindari terjadinya cacat atau ketidaksempurnaan dimensi. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan harga konduktivitas thermal bahan yang sebenarnya.
- Pengkalibrasian alat, yaitu dengan menggunakan bahan standar yang telah diketahui harga konduktivitas thermalnya, bahan yang dimaksud adalah SUS 304. Pengkalibrasian alt ini pentaing untuk dilakukan agar dapat diketahui ketepatan suhu yang mampu dibaca.



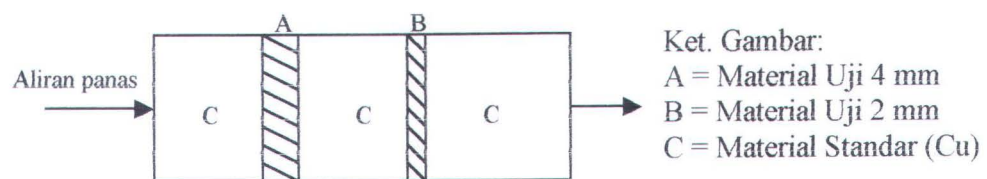
Gambar 3.2 Sistem tempat penyimpanan material uji
(Thermal hal. 14)

- Periksaan terhadap kondisi pompa air, yang digunakan sebagai media pendingin dengan sistem sirkulasi.



2. Pemasangan material uji

- Pemasangan material uji dilakukan dengan menempatkan silinder yang lebih tebal (tebal 4 mm) dibagian atas dan silinder yang lebih tipis (tebal 2 mm) pada bagian bawah.
- Pemasangan dilakukan dengan menggerakkan apa yang disebut dengan adjust not (dilonggarkan).
- Setelah longgar material uji diletakkan diantara material standar yaitu tembaga (Cu). Penyusunan material uji tersebut disusun berlapis dengan material standar, seperti pada gambar 3.3 berikut:



Gambar 3.3 Susunan peletakkan material uji (*Basuki hal. 15*)

- Adjust not diputar (diketatkan) sehingga material standar (Cu) menjepit material uji.
- Material uji yang telah terpasang dilindungi dengan lapisan insulator dan cover.

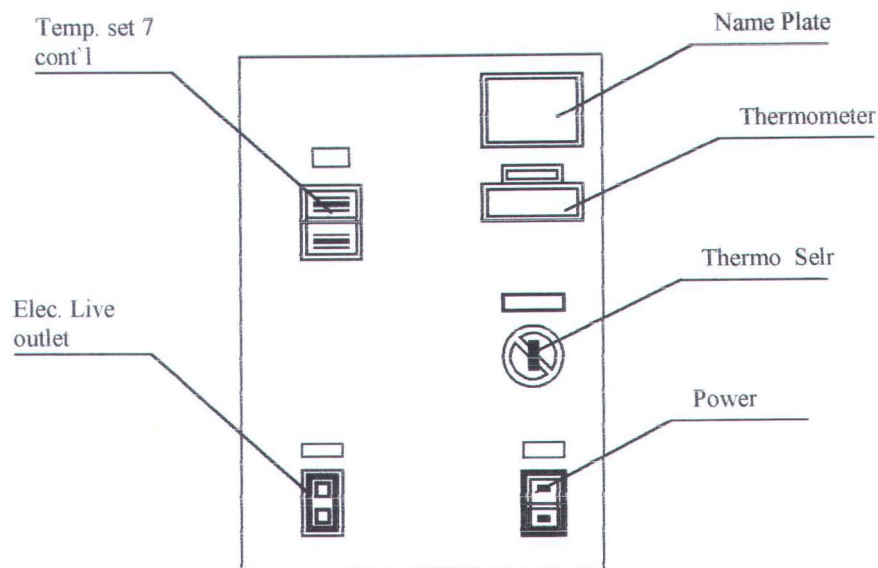
3. Pelaksanaan pengukuran

Jumlah meterial uji adalah sebanyak 6 buah dengan masing-masing 2 material uji untuk satu bahan yang diukur sekaligus. Pelaksanaan pengukuran dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

- Alat ukur dinyalakan (posisi on), begitu pula pompa air sebagai media pendingin dihidupkan.
- Pada panel control, suhu yang diinginkan diset (display bagian bawah), yaitu pada suhu 35°C, 50°C dan 75°C. Pada display bagian atas



diberikan batasan atas dan batasan bawah, yang berfungsi sebagai pengontrol panas yang diberikan.



Gambar 3.3 Panel Control Pengukur Konduktivitas thermal Bahan (*Thermal Hal. 12*)

- c. Pembacaan dilakukan setelah suhu yang tertera pada display bagian atas sama dengan suhu yang diset (display bagian bawah). Pada kondisi ini sistem dalam keadaan stabil dan pembacaan dapat dilakukan dengan memutar Thermo sel'r untuk kondisi t_1 sampai dengan t_{10} .
- d. Untuk masing-masing suhu yang diset dilakukan 3 kali pembacaan dengan selisih waktu antar pembacaan selama ± 5 menit atau setelah kondisi stabil kembali.
- e. Setelah untuk satu kondisi suhu yang diset selesai dilanjutkan dengan suhu berikutnya, dan dilakukan pengukuran seperti pada suhu yang diset sebelumnya.

Pengujian untuk material uji yang lain dilakukan setelah pengukuran yang dilakukan pada material uji yang satu telah mencapai set suhu 75°C . Hasil pengukuran dicatat pada tabel yang disebut dengan experiment report.



3.3 Analisa Data

Data yang dihasilkan dari pengukuran adalah data yang menunjukkan besarnya suhu yang terukur pada masing-masing bagian thermo detector C-A thermocouple. Dengan data suhu yang didapat ini akan dicari harga konduktivitas thermal bahan tersebut. Langkah-langkah perhitungan harga konduktivitas thermal tersebut seperti tertulis pada Bab II sub bab 2.2 mengenai konduktivitas thermal bahan.



BAB IV

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Analisa data dan pembahasan pada bagian ini dilakukan terhadap data primer yang dihasilkan dari percobaan. Analisa yang dilakukan adalah analisa teknis dan analisa ekonomis.

Analisa teknis yang dilakukan meliputi penentuan besarnya harga konduktivitas thermal bahan, perhitungan besarnya perpindahan panas yang terjadi, perhitungan tebal lapisan insulasi yang dibutuhkan dan perhitungan berat dari material insulasi.

Sedangkan analisa ekonomis yang dilakukan adalah menentukan besarnya biaya awal yang meliputi biaya material dan biaya pemasangan yang dibutuhkan untuk menggunakan material tersebut sebagai bahan insulasi kapal ikan.

4.1 Perhitungan Harga Konduktivitas Thermal Bahan

Perhitunga harga konduktivitas thermal bahan didasarkan atas data hasil pengukuran dari percobaan. Untuk masing-masing panas yang diberikan dilakukan perhitungan untuk mencari harga konduktivitas thermal bahan rata-rata. Untuk perhitungan harga konduktivitas thermal bahan ini langkah langkah yang digunakan adalah seperti pada Bab II sub. 2.2.

Perhitungan harga konduktivitas thermal masing-masing bahan adalah sebagai berikut:

1. Gabus

a. Untuk set suhu 35°C

Hari/Tanggal : Selasa, 26 Juni 2001

Waktu : 10.30 – 13.00 BBWI



Tabel 4.1 Data Hasil Pengukuran Material Gabus Pada Suhu 35°C

Pengukuran ke-	GRADIENT SUHU ($t_1 \dots t_{10}$), PERBEDAAN SUHU t_{m+1}									
	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	T_6	t_7	t_8	t_9	t_{10}
1	32,1	32,0	31,9	31,8	28,8	28,7	28,5	28,4	28,3	28,2
2	32,2	32,1	32,0	31,9	28,9	28,8	28,5	28,4	28,3	28,2
3	32,3	32,2	32,1	32,0	29,0	28,9	28,5	28,4	28,3	28,2

Pembahasan data tabel 4.1 adalah sebagai berikut:

1. Besarnya harga rata-rata perbedaan suhu

$$\Delta t_{R1} = \frac{0,1 + 0,1 + 0,1 + 0,1 + 0,1 + 0,1}{6} = 0,1^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t_{R2} = \frac{0,1 + 0,1 + 0,1 + 0,1 + 0,1 + 0,1}{6} = 0,1^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t_{R3} = \frac{0,1 + 0,1 + 0,1 + 0,1 + 0,1 + 0,1}{6} = 0,1^{\circ}\text{C}$$

2. Besarnya harga perbedaan suhu antara t_4 dengan t_5 dan antara t_6 dengan t_7 untuk masing-masing pengukuran adalah:

$$\Delta t_{a1} = 0,30^{\circ}\text{C} \qquad \Delta t_{b1} = 3,10^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t_{a2} = 0,40^{\circ}\text{C} \qquad \Delta t_{b2} = 3,10^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t_{a3} = 0,50^{\circ}\text{C} \qquad \Delta t_{b3} = 3,10^{\circ}\text{C}$$

3. Besarnya harga konduktivitas thermal untuk masing masing material uji adalah sebagai berikut:

$$k_{a1} = \frac{0,1.2 \times 10^{-3}}{0,30.30 \times 10^{-3}}.320 = 7,111 \text{ K.cal/m}^2.\text{h}^{\circ}\text{C}$$

$$k_{b1} = \frac{0,1.4 \times 10^{-3}}{3,10.30 \times 10^{-3}}.320 = 1,376 \text{ K.cal/m}^2.\text{h}^{\circ}\text{C}$$

$$k_{a2} = \frac{0,1.2 \times 10^{-3}}{0,40.30 \times 10^{-3}}.320 = 5,333 \text{ K.cal/m}^2.\text{h}^{\circ}\text{C}$$

$$k_{b2} = \frac{0,1.4 \times 10^{-3}}{3,10.30 \times 10^{-3}}.320 = 1,376 \text{ K.cal/m}^2.\text{h}^{\circ}\text{C}$$



$$k_{a3} = \frac{0,1.2 \times 10^{-3}}{0,50.30 \times 10^{-3}} \cdot 320 = 4,267 \text{ K.cal/m}^2.\text{h}^{\circ}\text{C}$$

$$k_{b3} = \frac{0,1.4 \times 10^{-3}}{3,10.30 \times 10^{-3}} \cdot 320 = 1,376 \text{ K.cal/m}^2.\text{h}^{\circ}\text{C}$$

4. Besarnya harga konduktivitas thermal bahan untuk masing-masing pengukuran adalah:

$$k_1 = \frac{(4-2) \times 10^{-3}}{\left(\frac{4 \cdot 10^{-3}}{1,376} - \frac{2 \cdot 10^{-3}}{7,111} \right)} = 0,762 \text{ K.cal/m}^2.\text{h}^{\circ}\text{C}$$

$$k_2 = \frac{(4-2) \times 10^{-3}}{\left(\frac{4 \cdot 10^{-3}}{1,376} - \frac{2 \cdot 10^{-3}}{5,333} \right)} = 0,790 \text{ K.cal/m}^2.\text{h}^{\circ}\text{C}$$

$$k_3 = \frac{(4-2) \times 10^{-3}}{\left(\frac{4 \cdot 10^{-3}}{1,376} - \frac{2 \cdot 10^{-3}}{4,267} \right)} = 0,821 \text{ K.cal/m}^2.\text{h}^{\circ}\text{C}$$

5. Besarnya harga konduktivitas thermal material gabus pada suhu 35°C adalah sebesar :

$$\begin{aligned} k_{\text{gbl}} &= \frac{k_1 + k_2 + k_3}{3} \\ &= \frac{0,762 + 0,790 + 0,821}{3} \\ &= 0,791 \text{ K.cal/m}^2.\text{h}^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

b. Untuk set suhu 50°C

Hari/Tanggal : Selasa, 26 Juni 2001

Waktu : 10.30 – 13.00 BBWI

Tabel 4.2 Data Hasil Pengukuran Material Gabus Pada Suhu 50°C

Pengukuran ke-	GRADIENT SUHU ($t_1 \dots t_{10}$), PERBEDAAN SUHU t_{m+1}									
	t_1	t_2	T_3	t_4	t_5	t_6	T_7	t_8	t_9	T_{10}
1	46,9	46,8	46,7	46,6	29,5	29,4	29,0	28,9	28,8	28,7
2	47,0	46,8	46,7	46,6	28,9	28,8	28,5	28,4	28,3	28,2
3	47,1	47,0	46,9	46,8	29,5	29,4	29,1	29,0	28,9	28,8



Pembahasan data tabel 4.2 adalah sebagai berikut:

1. Besarnya harga rata-rata perbedaan suhu

$$\Delta t_{R1} = \frac{0,1 + 0,1 + 0,1 + 0,1 + 0,1 + 0,1}{6} = 0,1^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t_{R2} = \frac{0,2 + 0,1 + 0,1 + 0,1 + 0,1 + 0,1}{6} = 0,117^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t_{R3} = \frac{0,1 + 0,1 + 0,1 + 0,1 + 0,1 + 0,1}{6} = 0,1^{\circ}\text{C}$$

2. Besarnya harga perbedaan suhu antara t_4 dengan t_5 dan antara t_6 dengan t_7 untuk masing-masing pengukuran adalah:

$$\Delta t_{a1} = 0,50^{\circ}\text{C} \qquad \Delta t_{b1} = 17,20^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t_{a2} = 0,40^{\circ}\text{C} \qquad \Delta t_{b2} = 17,80^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t_{a3} = 0,40^{\circ}\text{C} \qquad \Delta t_{b3} = 17,40^{\circ}\text{C}$$

3. Besarnya harga konduktivitas thermal untuk masing masing material uji adalah sebagai berikut:

$$k_{a1} = \frac{0,1.2 \times 10^{-3}}{0,50.30 \times 10^{-3}} \cdot 320 = 4,267 \text{ K.cal/m}^2.\text{h.}^{\circ}\text{C}$$

$$k_{b1} = \frac{0,1.4 \times 10^{-3}}{17,20.30 \times 10^{-3}} \cdot 320 = 0,248 \text{ K.cal/m}^2.\text{h.}^{\circ}\text{C}$$

$$k_{b2} = \frac{0,1.4 \times 10^{-3}}{17,80.30 \times 10^{-3}} \cdot 320 = 6,222 \text{ K.cal/m}^2.\text{h.}^{\circ}\text{C}$$

$$k_{b2} = \frac{0,117.4 \times 10^{-3}}{17,80.30 \times 10^{-3}} \cdot 320 = 0,280 \text{ K.cal/m}^2.\text{h.}^{\circ}\text{C}$$

$$k_{a3} = \frac{0,1.2 \times 10^{-3}}{0,40.30 \times 10^{-3}} \cdot 320 = 5,333 \text{ K.cal/m}^2.\text{h.}^{\circ}\text{C}$$

$$k_{b3} = \frac{0,1.4 \times 10^{-3}}{17,40.30 \times 10^{-3}} \cdot 320 = 0,245 \text{ K.cal/m}^2.\text{h.}^{\circ}\text{C}$$

4. Besarnya harga konduktivitas thermal bahan untuk masing-masing pengukuran adalah:



$$k_1 = \frac{(4-2) \times 10^{-3}}{\left(\frac{4 \cdot 10^{-3}}{0,248} - \frac{2 \cdot 10^{-3}}{4,267} \right)} = 0,128 \text{ K.cal/m}^2.\text{h}^{\circ}\text{C}$$

$$k_2 = \frac{(4-2) \times 10^{-3}}{\left(\frac{4 \cdot 10^{-3}}{0,280} - \frac{2 \cdot 10^{-3}}{6,222} \right)} = 0,143 \text{ K.cal/m}^2.\text{h}^{\circ}\text{C}$$

$$k_3 = \frac{(4-2) \times 10^{-3}}{\left(\frac{4 \cdot 10^{-3}}{0,245} - \frac{2 \cdot 10^{-3}}{5,333} \right)} = 0,126 \text{ K.cal/m}^2.\text{h}^{\circ}\text{C}$$

5. Besarnya harga konduktivitas thermal material gabus pada suhu 50°C adalah sebesar :

$$\begin{aligned} k_{gb2} &= \frac{k_1 + k_2 + k_3}{3} \\ &= \frac{0,128 + 0,143 + 0,126}{3} \\ &= 0,132 \text{ K.cal/m}^2.\text{h}^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

c. Untuk set suhu 75°C

Hari/Tanggal : Selasa, 26 Juni 2001

Waktu : 10.30 – 13.00 BBWI

Tabel 4.3 Data Hasil Pengukuran Material Gabus Pada Suhu 75°C

Pengukuran ke-	GRADIENT SUHU ($t_1 \dots t_{10}$), PERBEDAAN SUHU t_{m+1}									
	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	t_6	t_7	t_8	t_9	t_{10}
1	72,8	72,7	72,6	72,4	31,4	31,3	30,5	30,4	30,3	30,2
2	72,9	72,8	72,7	72,5	31,5	31,4	30,5	30,4	30,3	30,2
3	73,0	72,8	72,7	72,6	31,6	31,5	30,5	30,4	30,3	30,2

Pembahasan data tabel 4.3 adalah sebagai berikut:

1. Besarnya harga rata-rata perbedaan suhu

$$\Delta t_{R1} = \frac{0,1 + 0,1 + 0,2 + 0,1 + 0,1 + 0,1}{6} = 0,12^{\circ}\text{C}$$



$$\Delta t_{R2} = \frac{0,1 + 0,1 + 0,2 + 0,1 + 0,1 + 0,1}{6} = 0,12^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t_{R3} = \frac{0,2 + 0,1 + 0,1 + 0,1 + 0,1 + 0,1}{6} = 0,12^{\circ}\text{C}$$

2. Besarnya harga perbedaan suhu antara t_4 dengan t_5 dan antara t_6 dengan t_7 untuk masing-masing pengukuran adalah:

$$\Delta t_{a1} = 0,90^{\circ}\text{C} \qquad \Delta t_{b1} = 41,10^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t_{a2} = 1,00^{\circ}\text{C} \qquad \Delta t_{b2} = 41,10^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t_{a3} = 1,00^{\circ}\text{C} \qquad \Delta t_{b3} = 41,10^{\circ}\text{C}$$

3. Besarnya harga konduktivitas thermal untuk masing masing material uji adalah sebagai berikut:

$$k_{a1} = \frac{0,12.2 \times 10^{-3}}{0,90.30 \times 10^{-3}}.320 = 2,765 \text{ K.cal/m}^2.\text{h.}^{\circ}\text{C}$$

$$k_{b1} = \frac{0,12.2 \times 10^{-3}}{41,10.30 \times 10^{-3}}.320 = 0,121 \text{ K.cal/m}^2.\text{h.}^{\circ}\text{C}$$

$$k_{a2} = \frac{0,12.2 \times 10^{-3}}{1,00.30 \times 10^{-3}}.320 = 2,489 \text{ K.cal/m}^2.\text{h.}^{\circ}\text{C}$$

$$k_{b2} = \frac{0,12.2 \times 10^{-3}}{41,10.30 \times 10^{-3}}.320 = 0,121 \text{ K.cal/m}^2.\text{h.}^{\circ}\text{C}$$

$$k_{a3} = \frac{0,12.2 \times 10^{-3}}{1,10.30 \times 10^{-3}}.320 = 2,263 \text{ K.cal/m}^2.\text{h.}^{\circ}\text{C}$$

$$k_{b3} = \frac{0,12.4 \times 10^{-3}}{41,10.30 \times 10^{-3}}.320 = 0,121 \text{ K.cal/m}^2.\text{h.}^{\circ}\text{C}$$

4. Besarnya harga konduktivitas thermal bahan untuk masing-masing pengukuran adalah:

$$k_1 = \frac{(4-2) \times 10^{-3}}{\left(\frac{4.10^{-3}}{0,121} - \frac{2.10^{-3}}{2,765} \right)} = 0,062 \text{ K.cal/m}^2.\text{h.}^{\circ}\text{C}$$

$$k_2 = \frac{(4-2) \times 10^{-3}}{\left(\frac{4.10^{-3}}{0,121} - \frac{2.10^{-3}}{2,489} \right)} = 0,062 \text{ K.cal/m}^2.\text{h.}^{\circ}\text{C}$$



$$k_3 = \frac{(4-2) \times 10^{-3}}{\left(\frac{4 \cdot 10^{-3}}{0,121} - \frac{2 \cdot 10^{-3}}{2,263} \right)} = 0,062 \text{ K.cal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$$

5. Besarnya harga konduktivitas thermal material gabus pada suhu 75°C adalah sebesar :

$$\begin{aligned} k_{gb3} &= \frac{k_1 + k_2 + k_3}{3} \\ &= \frac{0,062 + 0,062 + 0,062}{3} \\ &= 0,062 \text{ K.cal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C} \end{aligned}$$

2. Poly-urethane

a. Untuk set suhu 35°C

Hari/Tanggal : Rabu, 27 Juni 2001

Waktu : 09.30 – 12.00 BBWI

Tabel 4.4 Data Hasil Pengukuran Material Polyurethane Pada Suhu 35°C

Pengukuran ke-	GRADIENT SUHU ($t_1 \dots t_{10}$), PERBEDAAN SUHU t_{m+1}									
	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	t_6	t_7	t_8	t_9	t_{10}
1	33,3	33,2	33,1	33,0	31,6	31,5	30,6	30,5	30,4	30,3
2	33,5	33,4	33,3	33,2	31,6	31,5	30,6	30,5	30,4	30,3
3	33,6	33,5	33,4	33,3	31,6	31,5	30,6	30,5	30,4	30,3

Pembahasan data tabel 4.4 adalah sebagai berikut:

1. Besarnya harga rata-rata perbedaan suhu

$$\Delta t_{R1} = \frac{0,1 + 0,1 + 0,1 + 0,1 + 0,1 + 0,1}{6} = 0,1^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_{R2} = \frac{0,1 + 0,1 + 0,1 + 0,1 + 0,1 + 0,1}{6} = 0,1^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_{R3} = \frac{0,1 + 0,1 + 0,1 + 0,1 + 0,1 + 0,1}{6} = 0,1^\circ\text{C}$$

2. Besarnya harga perbedaan suhu antara t_4 dengan t_5 dan antara t_6 dengan t_7 untuk masing-masing pengukuran adalah:



$$\Delta t_{a1} = 0,866^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t_{b1} = 1,367^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t_{a2} = 0,866^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t_{b3} = 1,560^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t_{a3} = 0,866^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t_{b3} = 1,660^{\circ}\text{C}$$

3. Besarnya harga konduktivitas thermal untuk masing masing material uji adalah sebagai berikut:

$$k_{a1} = \frac{0,1.2 \times 10^{-3}}{0,866.30 \times 10^{-3}}.320 = 2,463 \text{ K.cal/m}^2.\text{h}^{\circ}\text{C}$$

$$k_{b1} = \frac{0,1.4 \times 10^{-3}}{1,367.30 \times 10^{-3}}.320 = 3,121 \text{ K.cal/m}^2.\text{h}^{\circ}\text{C}$$

$$k_{a2} = \frac{0,1.2 \times 10^{-3}}{0,866.30 \times 10^{-3}}.320 = 2,463 \text{ K.cal/m}^2.\text{h}^{\circ}\text{C}$$

$$k_{b2} = \frac{0,1.4 \times 10^{-3}}{1,560.30 \times 10^{-3}}.320 = 2,735 \text{ K.cal/m}^2.\text{h}^{\circ}\text{C}$$

$$k_{a3} = \frac{0,1.2 \times 10^{-3}}{0,866.30 \times 10^{-3}}.320 = 2,463 \text{ K.cal/m}^2.\text{h}^{\circ}\text{C}$$

$$k_{b3} = \frac{0,1.4 \times 10^{-3}}{1,660.30 \times 10^{-3}}.320 = 2,570 \text{ K.cal/m}^2.\text{h}^{\circ}\text{C}$$

4. Besarnya harga konduktivitas thermal bahan untuk masing-masing pengukuran adalah:

$$k_1 = \frac{(4-2) \times 10^{-3}}{\left(\frac{4.10^{-3}}{3,121} - \frac{2.10^{-3}}{2,463} \right)} = 4,258 \text{ K.cal/m}^2.\text{h}^{\circ}\text{C}$$

$$k_2 = \frac{(4-2) \times 10^{-3}}{\left(\frac{4.10^{-3}}{2,735} - \frac{2.10^{-3}}{2,463} \right)} = 3,074 \text{ K.cal/m}^2.\text{h}^{\circ}\text{C}$$

$$k_3 = \frac{(4-2) \times 10^{-3}}{\left(\frac{4.10^{-3}}{2,570} - \frac{2.10^{-3}}{2,463} \right)} = 2,687 \text{ K.cal/m}^2.\text{h}^{\circ}\text{C}$$

5. Besarnya harga konduktivitas thermal material Poly-Urethane pada suhu 35°C adalah sebesar :



$$\begin{aligned}k_{\text{pul}} &= \frac{k_1 + k_2 + k_3}{3} \\&= \frac{4,258 + 3,074 + 2,687}{3} \\&= 3,340 \text{ K.cal/m}^2\text{.h.}^0\text{C}\end{aligned}$$

b. Untuk set suhu 50°C

Hari/Tanggal : Rabu, 27 Juni 2001

Waktu : 09.30 – 12.00 BBWI

Tabel 4.5 Data Hasil Pengukuran Material Polyurethane Pada Suhu 50°C

Pengukuran ke-	GRADIENT SUHU ($t_1 \dots t_{10}$), PERBEDAAN SUHU t_{m+1}									
	t_1	T_2	t_3	t_4	t_5	t_6	t_7	t_8	t_9	t_{10}
1	48,5	48,4	48,3	48,2	31,6	31,5	30,8	30,7	30,6	30,5
2	48,6	48,5	48,4	48,3	31,7	31,6	30,8	30,7	30,6	30,5
3	48,7	48,6	48,5	48,4	31,8	31,7	30,8	30,7	30,6	30,5

Pembahasan data tabel 4.5 adalah sebagai berikut:

1. Besarnya harga rata-rata perbedaan suhu

$$\Delta t_{R1} = \frac{0,1 + 0,1 + 0,1 + 0,1 + 0,1 + 0,1}{6} = 0,1^0\text{C}$$

$$\Delta t_{R2} = \frac{0,1 + 0,1 + 0,1 + 0,1 + 0,1 + 0,1}{6} = 0,1^0\text{C}$$

$$\Delta t_{R3} = \frac{0,1 + 0,1 + 0,1 + 0,1 + 0,1 + 0,1}{6} = 0,1^0\text{C}$$

2. Besarnya harga perbedaan suhu antara t_4 dengan t_5 dan antara t_6 dengan t_7 untuk masing-masing pengukuran adalah:

$$\Delta t_{a1} = 1,268^0\text{C} \qquad \Delta t_{b1} = 15,966^0\text{C}$$

$$\Delta t_{a2} = 0,768^0\text{C} \qquad \Delta t_{b3} = 10,569^0\text{C}$$

$$\Delta t_{a3} = 0,866^0\text{C} \qquad \Delta t_{b3} = 16,578^0\text{C}$$

3. Besarnya harga konduktivitas thermal untuk masing masing material uji adalah sebagai berikut:



$$k_{a1} = \frac{0,1.2 \times 10^{-3}}{1,268.30 \times 10^{-3}} \cdot 320 = 1,682 \text{ K.cal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$$

$$k_{b1} = \frac{0,1.4 \times 10^{-3}}{15,966.30 \times 10^{-3}} \cdot 320 = 0,267 \text{ K.cal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$$

$$k_{a2} = \frac{0,1.2 \times 10^{-3}}{0,768.30 \times 10^{-3}} \cdot 320 = 2,778 \text{ K.cal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$$

$$k_{b2} = \frac{0,1.4 \times 10^{-3}}{10,569.30 \times 10^{-3}} \cdot 320 = 0,404 \text{ K.cal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$$

$$k_{a3} = \frac{0,1.2 \times 10^{-3}}{0,866.30 \times 10^{-3}} \cdot 320 = 2,463 \text{ K.cal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$$

$$k_{b3} = \frac{0,1.4 \times 10^{-3}}{16,578.30 \times 10^{-3}} \cdot 320 = 0,257 \text{ K.cal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$$

4. Besarnya harga konduktivitas thermal bahan untuk masing-masing pengukuran adalah:

$$k_1 = \frac{(4-2) \times 10^{-3}}{\left(\frac{4 \cdot 10^{-3}}{0,267} - \frac{2 \cdot 10^{-3}}{1,682} \right)} = 0,145 \text{ K.cal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$$

$$k_2 = \frac{(4-2) \times 10^{-3}}{\left(\frac{4 \cdot 10^{-3}}{0,404} - \frac{2 \cdot 10^{-3}}{2,778} \right)} = 0,218 \text{ K.cal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$$

$$k_3 = \frac{(4-2) \times 10^{-3}}{\left(\frac{4 \cdot 10^{-3}}{0,257} - \frac{2 \cdot 10^{-3}}{2,463} \right)} = 0,136 \text{ K.cal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$$

5. Besarnya harga konduktivitas thermal material Poly-Urethane pada suhu 50°C adalah sebesar :

$$\begin{aligned} k_{pu2} &= \frac{k_1 + k_2 + k_3}{3} \\ &= \frac{0,145 + 0,218 + 0,136}{3} \\ &= 0,166 \text{ K.cal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C} \end{aligned}$$

**c. Untuk set suhu 75°C**

Hari/Tanggal : Rabu, 27 Juni 2001

Waktu : 09.30 – 12.00 BBWI

Tabel 4.6 Data Hasil Pengukuran Material Poly-urethane Pada Suhu 75°C

Pengukuran ke-	GRADIENT SUHU ($t_1 \dots t_{10}$), PERBEDAAN SUHU t_{m+1}									
	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	t_6	t_7	t_8	t_9	t_{10}
1	73,3	73,0	72,8	72,5	33,6	33,4	30,8	30,7	30,6	30,5
2	73,4	73,2	73,0	72,9	33,8	33,7	30,9	30,8	30,7	30,6
3	73,5	73,4	73,3	73,0	34,1	33,9	30,9	30,8	30,7	30,6

Pembahasan data tabel 4.6 adalah sebagai berikut:

1. Besarnya harga rata-rata perbedaan suhu

$$\Delta t_{R1} = \frac{0,3 + 0,2 + 0,3 + 0,1 + 0,1 + 0,1}{6} = 0,18^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t_{R2} = \frac{0,2 + 0,2 + 0,2 + 0,1 + 0,1 + 0,1}{6} = 0,13^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t_{R3} = \frac{0,1 + 0,1 + 0,3 + 0,1 + 0,1 + 0,1}{6} = 0,13^{\circ}\text{C}$$

2. Besarnya harga perbedaan suhu antara t_4 dengan t_5 dan antara t_6 dengan t_7 untuk masing-masing pengukuran adalah:

$$\Delta t_{a1} = 2,65^{\circ}\text{C} \quad \Delta t_{b1} = 38,88^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t_{a2} = 2,72^{\circ}\text{C} \quad \Delta t_{b3} = 39,01^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t_{a3} = 2,95^{\circ}\text{C} \quad \Delta t_{b3} = 38,88^{\circ}\text{C}$$

3. Besarnya harga konduktivitas thermal untuk masing masing material uji adalah sebagai berikut:

$$k_{a1} = \frac{0,18.2 \times 10^{-3}}{2,65.30 \times 10^{-3}}.320 = 1,476 \text{ K.cal/m}^2.\text{h.}^{\circ}\text{C}$$

$$k_{b1} = \frac{0,1.4 \times 10^{-3}}{38,88.30 \times 10^{-3}}.320 = 0,201 \text{ K.cal/m}^2.\text{h.}^{\circ}\text{C}$$

$$k_{a2} = \frac{0,13.2 \times 10^{-3}}{2,72.30 \times 10^{-3}}.320 = 1,046 \text{ K.cal/m}^2.\text{h.}^{\circ}\text{C}$$



$$k_{b2} = \frac{0,1.4 \times 10^{-3}}{39,0130 \times 10^{-3}} \cdot 320 = 0,146 \text{ K.cal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$$

$$k_{a3} = \frac{0,13.2 \times 10^{-3}}{2,95.30 \times 10^{-3}} \cdot 320 = 0,965 \text{ K.cal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$$

$$k_{b3} = \frac{0,1.4 \times 10^{-3}}{38,88.30 \times 10^{-3}} \cdot 320 = 0,146 \text{ K.cal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$$

4. Besarnya harga konduktivitas thermal bahan untuk masing-masing pengukuran adalah:

$$k_1 = \frac{(4-2) \times 10^{-3}}{\left(\frac{4 \cdot 10^{-3}}{0,201} - \frac{2 \cdot 10^{-3}}{1,476} \right)} = 0,108 \text{ K.cal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$$

$$k_2 = \frac{(4-2) \times 10^{-3}}{\left(\frac{4 \cdot 10^{-3}}{0,146} - \frac{2 \cdot 10^{-3}}{1,046} \right)} = 0,078 \text{ K.cal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$$

$$k_3 = \frac{(4-2) \times 10^{-3}}{\left(\frac{4 \cdot 10^{-3}}{0,146} - \frac{2 \cdot 10^{-3}}{0,965} \right)} = 0,079 \text{ K.cal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$$

5. Besarnya harga konduktivitas thermal material Poly-urethane pada suhu 75°C adalah sebesar :

$$\begin{aligned} k_{pu3} &= \frac{k_1 + k_2 + k_3}{3} \\ &= \frac{0,108 + 0,078 + 0,078}{3} \\ &= 0,088 \text{ K.cal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C} \end{aligned}$$

3. Sekam

a. Untuk set suhu 35°C

Hari/Tanggal : Rabu, 27 Juni 2001

Waktu : 12.00 – 14.30 BBWI



Tabel 4.7 Data Hasil Pengukuran Material Sekam Pada Suhu 35°C

Pengukuran ke-	GRADIENT SUHU ($t_1 \dots t_{10}$), PERBEDAAN SUHU $t_{m,m+1}$									
	t_1	T_2	T_3	t_4	T_5	t_6	t_7	t_8	t_9	t_{10}
1	34,6	34,5	34,4	34,3	34,0	33,9	31,5	31,4	31,3	31,2
2	34,5	34,4	34,3	34,2	33,8	33,7	31,6	31,4	31,3	31,2
3	34,4	34,3	34,2	34,1	33,8	33,7	31,6	31,4	31,3	31,2

Pembahasan data tabel 4.7 adalah sebagai berikut:

1. Besarnya harga rata-rata perbedaan suhu

$$\Delta t_{R1} = \frac{0,1 + 0,1 + 0,1 + 0,1 + 0,1 + 0,1}{6} = 0,1^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t_{R2} = \frac{0,1 + 0,1 + 0,1 + 0,1 + 0,1 + 0,1}{6} = 0,1^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t_{R3} = \frac{0,1 + 0,1 + 0,1 + 0,1 + 0,1 + 0,1}{6} = 0,1^{\circ}\text{C}$$

2. Besarnya harga perbedaan suhu antara t_4 dengan t_5 dan antara t_6 dengan t_7 untuk masing-masing pengukuran adalah:

$$\Delta t_{a1} = 0,23^{\circ}\text{C} \quad \Delta t_{b1} = 0,3^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t_{a2} = 1,97^{\circ}\text{C} \quad \Delta t_{b2} = 0,4^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t_{a3} = 0,2^{\circ}\text{C} \quad \Delta t_{b3} = 0,3^{\circ}\text{C}$$

3. Besarnya harga konduktivitas thermal untuk masing masing material uji adalah sebagai berikut:

$$k_{a1} = \frac{0,1.2 \times 10^{-3}}{0,23.30 \times 10^{-3}} \cdot 320 = 0,957 \text{ K.cal/m}^2.\text{h.}^{\circ}\text{C}$$

$$k_{b1} = \frac{0,1.4 \times 10^{-3}}{0,3.30 \times 10^{-3}} \cdot 320 = 14,347 \text{ K.cal/m}^2.\text{h.}^{\circ}\text{C}$$

$$k_{a2} = \frac{0,1.2 \times 10^{-3}}{1,97.30 \times 10^{-3}} \cdot 320 = 1,264 \text{ K.cal/m}^2.\text{h.}^{\circ}\text{C}$$

$$k_{b2} = \frac{0,1.4 \times 10^{-3}}{0,4.30 \times 10^{-3}} \cdot 320 = 12,592 \text{ K.cal/m}^2.\text{h.}^{\circ}\text{C}$$



$$k_{a3} = \frac{0,1.2 \times 10^{-3}}{0,2.30 \times 10^{-3}} \cdot 320 = 10,730 \text{ K.cal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$$

$$k_{b3} = \frac{0,1.4 \times 10^{-3}}{0,3.30 \times 10^{-3}} \cdot 320 = 14,349 \text{ K.cal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$$

4. Besarnya harga konduktivitas thermal bahan untuk masing-masing pengukuran adalah:

$$k_1 = \frac{(4-2) \times 10^{-3}}{\left(\frac{4 \cdot 10^{-3}}{14,345} - \frac{2 \cdot 10^{-3}}{0,957} \right)} = -1,104 \text{ K.cal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$$

$$k_2 = \frac{(4-2) \times 10^{-3}}{\left(\frac{4 \cdot 10^{-3}}{12,592} - \frac{2 \cdot 10^{-3}}{1,264} \right)} = -1,581 \text{ K.cal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$$

$$k_3 = \frac{(4-2) \times 10^{-3}}{\left(\frac{4 \cdot 10^{-3}}{14,349} - \frac{2 \cdot 10^{-3}}{10,730} \right)} = 21,648 \text{ K.cal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$$

5. Besarnya harga konduktivitas thermal material sekam pada suhu 35°C adalah sebesar :

$$\begin{aligned} k_{sk1} &= \frac{k_1 + k_2 + k_3}{3} \\ &= \frac{-1,104 - 1,581 + 21,648}{3} \\ &= 6,321 \text{ K.cal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C} \end{aligned}$$

b. Untuk set suhu 50°C

Hari/Tanggal : Rabu, 27 Juni 2001

Waktu : 12.00 – 14.30 BBWI

Tabel 4.8 Data Hasil Pengukuran Material Sekam Pada Suhu 50°C

Pengukuran ke-	GRADIENT SUHU ($t_1 \dots t_{10}$), PERBEDAAN SUHU $t_{m \rightarrow m+1}$									
	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	t_6	t_7	t_8	T_9	t_{10}
1	48,5	48,4	48,3	48,2	34,9	34,8	31,6	31,5	31,4	31,3
2	48,7	48,5	48,4	48,3	34,9	34,8	31,7	31,6	31,5	31,4
3	48,8	48,7	48,6	48,6	35,1	34,9	31,6	31,5	31,4	31,3



Pembahasan data tabel 4.8 adalah sebagai berikut:

1. Besarnya harga rata-rata perbedaan suhu

$$\Delta t_{R1} = \frac{0,1 + 0,1 + 0,1 + 0,1 + 0,1 + 0,1}{6} = 0,1^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t_{R2} = \frac{0,2 + 0,1 + 0,1 + 0,1 + 0,1 + 0,1}{6} = 0,11^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t_{R3} = \frac{0,1 + 0,1 + 0,1 + 0,1 + 0,1 + 0,1}{6} = 0,1^{\circ}\text{C}$$

2. Besarnya harga perbedaan suhu antara t_4 dengan t_5 dan antara t_6 dengan t_7 untuk masing-masing pengukuran adalah:

$$\Delta t_{a1} = 3,160^{\circ}\text{C} \quad \Delta t_{b1} = 13,260^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t_{a2} = 3,062^{\circ}\text{C} \quad \Delta t_{b2} = 13,331^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t_{a3} = 3,251^{\circ}\text{C} \quad \Delta t_{b3} = 13,354^{\circ}\text{C}$$

3. Besarnya harga konduktivitas thermal untuk masing masing material uji adalah sebagai berikut:

$$k_{a1} = \frac{0,1.2 \times 10^{-3}}{3,160.30 \times 10^{-3}}.320 = 0,675 \text{ K.cal/m}^2.\text{h}^{\circ}\text{C}$$

$$k_{b1} = \frac{0,1.4 \times 10^{-3}}{13,260.30 \times 10^{-3}}.320 = 0,322 \text{ K.cal/m}^2.\text{h}^{\circ}\text{C}$$

$$k_{a2} = \frac{0,11.2 \times 10^{-3}}{3,062.30 \times 10^{-3}}.320 = 0,813 \text{ K.cal/m}^2.\text{h}^{\circ}\text{C}$$

$$k_{b2} = \frac{0,11.4 \times 10^{-3}}{13,331.30 \times 10^{-3}}.320 = 0,373 \text{ K.cal/m}^2.\text{h}^{\circ}\text{C}$$

$$k_{a3} = \frac{0,1.2 \times 10^{-3}}{3,251.30 \times 10^{-3}}.320 = 0,656 \text{ K.cal/m}^2.\text{h}^{\circ}\text{C}$$

$$k_{b3} = \frac{0,1.4 \times 10^{-3}}{13,354.30 \times 10^{-3}}.320 = 0,320 \text{ K.cal/m}^2.\text{h}^{\circ}\text{C}$$

4. Besarnya harga konduktivitas thermal bahan untuk masing-masing pengukuran adalah:



$$k_1 = \frac{(4-2) \times 10^{-3}}{\left(\frac{4 \cdot 10^{-3}}{10,322} - \frac{2 \cdot 10^{-3}}{0,675} \right)} = 0,211 \text{ K.cal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$$

$$k_2 = \frac{(4-2) \times 10^{-3}}{\left(\frac{4 \cdot 10^{-3}}{0,373} - \frac{2 \cdot 10^{-3}}{0,813} \right)} = 0,242 \text{ K.cal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$$

$$k_3 = \frac{(4-2) \times 10^{-3}}{\left(\frac{4 \cdot 10^{-3}}{0,320} - \frac{2 \cdot 10^{-3}}{0,656} \right)} = 0,211 \text{ K.cal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$$

5. Besarnya harga konduktivitas thermal material sekam pada suhu 50°C adalah sebesar :

$$\begin{aligned} k_{sk2} &= \frac{k_1 + k_2 + k_3}{3} \\ &= \frac{0,211 + 0,242 + 0,211}{3} \\ &= 0,222 \text{ K.cal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C} \end{aligned}$$

c. Untuk set suhu 75°C

Hari/Tanggal : Rabu, 27 Juni 2001

Waktu : 09.30 – 12.00 BBWI

Tabel 4.9 Data Hasil Pengukuran Material Sekam Pada Suhu 75°C

Pengukuran ke-	GRADIENT SUHU ($t_1 \dots t_{10}$), PERBEDAAN SUHU $t_{m,tm+1}$									
	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	t_6	t_7	t_8	t_9	t_{10}
1	73,3	72,8	72,6	72,3	36,5	36,2	31,8	31,7	31,6	31,5
2	73,4	73,1	72,8	72,7	36,6	36,5	31,8	31,7	31,6	31,5
3	73,5	73,2	73,0	72,8	36,8	36,7	31,9	31,8	31,7	31,6

Pembahasan data tabel 4.9 adalah sebagai berikut:

1. Besarnya harga rata-rata perbedaan suhu

$$\Delta t_{RI} = \frac{0,5 + 0,2 + 0,3 + 0,1 + 0,1 + 0,1}{6} = 0,22^\circ\text{C}$$



$$\Delta t_{R2} = \frac{0,3 + 0,3 + 0,1 + 0,1 + 0,1 + 0,1}{6} = 0,17^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t_{R3} = \frac{0,3 + 0,2 + 0,2 + 0,1 + 0,1 + 0,1}{6} = 0,17^{\circ}\text{C}$$

2. Besarnya harga perbedaan suhu antara t_4 dengan t_5 dan antara t_6 dengan t_7 untuk masing-masing pengukuran adalah:

$$\Delta t_{a1} = 4,33^{\circ}\text{C} \qquad \Delta t_{b1} = 35,63^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t_{a2} = 4,55^{\circ}\text{C} \qquad \Delta t_{b2} = 35,55^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t_{a3} = 4,77^{\circ}\text{C} \qquad \Delta t_{b3} = 35,97^{\circ}\text{C}$$

3. Besarnya harga konduktivitas thermal untuk masing masing material uji adalah sebagai berikut:

$$k_{a1} = \frac{0,22.2 \times 10^{-3}}{4,33.30 \times 10^{-3}} \cdot 320 = 1,068 \text{ K.cal/m}^2 \cdot \text{h}^{\circ}\text{C}$$

$$k_{b1} = \frac{0,22.4 \times 10^{-3}}{35,63.30 \times 10^{-3}} \cdot 320 = 0,259 \text{ K.cal/m}^2 \cdot \text{h}^{\circ}\text{C}$$

$$k_{a2} = \frac{0,17.2 \times 10^{-3}}{4,55.30 \times 10^{-3}} \cdot 320 = 0,781 \text{ K.cal/m}^2 \cdot \text{h}^{\circ}\text{C}$$

$$k_{b2} = \frac{0,17.4 \times 10^{-3}}{35,55.30 \times 10^{-3}} \cdot 320 = 0,200 \text{ K.cal/m}^2 \cdot \text{h}^{\circ}\text{C}$$

$$k_{a3} = \frac{0,17.2 \times 10^{-3}}{4,77.30 \times 10^{-3}} \cdot 320 = 0,746 \text{ K.cal/m}^2 \cdot \text{h}^{\circ}\text{C}$$

$$k_{b3} = \frac{0,17.4 \times 10^{-3}}{35,97.30 \times 10^{-3}} \cdot 320 = 0,198 \text{ K.cal/m}^2 \cdot \text{h}^{\circ}\text{C}$$

4. Besarnya harga konduktivitas thermal bahan untuk masing-masing pengukuran adalah:

$$k_1 = \frac{(4-2) \times 10^{-3}}{\left(\frac{4 \cdot 10^{-3}}{0,259} - \frac{2 \cdot 10^{-3}}{1,068} \right)} = 0,145 \text{ K.cal/m}^2 \cdot \text{h}^{\circ}\text{C}$$

$$k_2 = \frac{(4-2) \times 10^{-3}}{\left(\frac{4 \cdot 10^{-3}}{0,200} - \frac{2 \cdot 10^{-3}}{0,781} \right)} = 0,115 \text{ K.cal/m}^2 \cdot \text{h}^{\circ}\text{C}$$

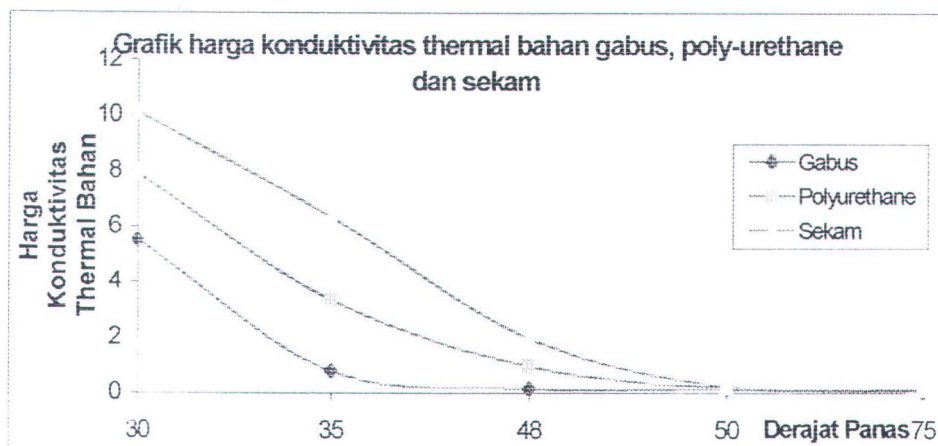


$$k_3 = \frac{(4-2) \times 10^{-3}}{\left(\frac{4 \cdot 10^{-3}}{0,198} - \frac{2 \cdot 10^{-3}}{0,746} \right)} = 0,114 \text{ K.cal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$$

5. Besarnya harga konduktivitas thermal material sekam pada suhu 75°C adalah sebesar :

$$\begin{aligned} k_{sk3} &= \frac{k_1 + k_2 + k_3}{3} \\ &= \frac{0,145 + 0,115 + 0,114}{3} \\ &= 0,125 \text{ K.cal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Dari ketiga bahan yang diteliti untuk mengetahui besarnya harga konduktivitas thermalnya dapat digambarkan dalam grafik seperti dibawah ini:



Gambar 4.1 Grafik Harga Konduktivitas Thermal Bahan

Dari grafik tersebut bisa di baca besarnya harga konduktivitas thermal untuk berbagai kondisi perhitungan dalam range temperatur antara 30°C sampai dengan 75°C

4.2 Perhitungan besar perpindahan panas

Besarnya perpindahan panas yang terjadi pada kapal ikan dikarenakan adanya perbedaan temperatur antara udara luar dengan udara



dalam ruang ikan (*fish hold*). Besarnya perpindahan panas yang terjadi ini sangat dipengaruhi oleh besarnya harga konduktivitas thermal dari bahan yang digunakan sebagai insulasi ruang ikan.

Besarnya perpindahan panas yang terjadi pada kapal ikan dapat diasumsikan terjadi dengan cara konduksi. Hal ini karena pada kondisi kamar/ pada kondisi sesuai lingkungan, proses perpindahan suhu secara konveksi dan radiasi dapat diabaikan. Besarnya perpindahan panas yang terjadi pada lambung dan geladak bisa dihitung dengan menggunakan persamaan 2.21, sehingga besarnya perpindahan panas pada geladak dan lambung kapal adalah sebagai berikut:

$$q = K (t_2 - t_1) \cdot F_1 + (t_2 - t_1) \cdot F_2$$

$$\text{dengan : } t_2 = 37,22^{\circ}\text{C} \quad t_1 = 0^{\circ}\text{C} \quad F_1 = 2$$

$$t_2 = 35^{\circ}\text{C} \quad F_2 = 22$$

Sedangkan untuk menentukan besarnya perpindahan panas yang berasal dari kamar mesin dan sekat lainnya dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan 2.19 yaitu:

$$q_i = KA(t_1 - t_2)$$

Untuk mencari besarnya perpindahan panas yang harus ditahan oleh material insulasi adalah sesuai dengan persamaan 2.22 yaitu:

$$q_t = 1.2 \sum q_i$$

Sehingga besarnya perpindahan panas maksimum pada geladak dan lambung kapal untuk tiap luasan 1 m^2 untuk masing-masing bahan adalah sebagai berikut:

a. Gabus

- Besarnya perpindahan panas yang melalui material insulasi Gabus pada geladak dan lambung kiri dan kanan dengan konduktivitas thermal Gabus (dari gambar grafik 4.1) sebesar $0,791 \text{ K.cal/m}^2.\text{h}^{\circ}\text{C}$ adalah:

$$q_{gbl} = K (t_2 - t_1) \cdot F_1 + (t_2 - t_1) \cdot F_2$$

$$= 0,791 (37,22 - 0) \times 2 + (35 - 0) \times 22$$

$$= 828,871 \text{ K.cal}$$



- Besarnya perpindahan panas yang melalui dinding sekat kamar mesin dengan konduktivitas thermal gabus pada suhu 48°C (dari gambar grafik 4.1) sebesar $0,14 \text{ K.cal/m}^2.\text{h}^{\circ}\text{C}$ adalah:

$$\begin{aligned}q_{gb2} &= 0,14 \times (48 - 0) \\&= 6,720 \text{ K.cal}\end{aligned}$$

- Besarnya perpindahan panas yang melalui sekat lainnya dengan material insulasi gabus dengan harga konduktivitas thermal pada suhu 30°C (dari gambar grafik 4.1) sebesar $5,25 \text{ K.cal/m}^2.\text{h}^{\circ}\text{C}$ adalah:

$$\begin{aligned}q_{gb3} &= 5,25 \times (30 - 0) \\&= 165,6 \text{ K.cal}\end{aligned}$$

- Jadi besarnya perpindahan panas yang harus ditahan oleh lapisan material insulasi gabus adalah sebesar:

$$\begin{aligned}q_{total} &= 1,2 \times (3 \times q_{gb1} + q_{gb2} + 2 \times q_{gb3}) \\&= 1,2 (\times 828,871 + 6,720 + 2 \times 165,600) \\&= 2824,4530 \text{ K.cal}\end{aligned}$$

b. Poly-Urethane

- Besarnya perpindahan panas yang melalui material insulasi poly-urethane pada geladak dan lambung kiri dan kanan dengan konduktivitas thermal bahan (dari gambar grafik 4.1) sebesar $3,340 \text{ K.cal/m}^2.\text{h}^{\circ}\text{C}$ adalah:

$$\begin{aligned}q_{pu1} &= K (t_2 - t_1). F_1 + (t_2 - t_1). F_2 \\&= 3,340 (37,22 - 0) \times 2 + (35 - 0) \times 22 \\&= 1018,603 \text{ K.cal}\end{aligned}$$

- Besarnya perpindahan panas yang melalui dinding sekat kamar mesin dengan konduktivitas thermal poly-urethane pada suhu 48°C (dari gambar grafik 4.1) sebesar $0,850 \text{ K.cal/m}^2.\text{h}^{\circ}\text{C}$ adalah:

$$\begin{aligned}q_{pu2} &= 0,850 \times (48 - 0) \\&= 40,800 \text{ K.cal}\end{aligned}$$

- Besarnya perpindahan panas yang melalui sekat lainnya dengan material insulasi poly-urethane dengan harga konduktivitas thermal





pada suhu 30°C (dari gambar grafik 4.1) sebesar $7,91 \text{ K.cal/m}^2.\text{h}^{\circ}\text{C}$ adalah:

$$\begin{aligned}q_{pu3} &= 7,91 \times (30 - 0) \\&= 237,30 \text{ K.cal}\end{aligned}$$

- Jadi besarnya perpindahan panas yang harus ditahan oleh lapisan material insulasi poly-urethane adalah sebesar:

$$\begin{aligned}q_{total} &= 1,2 \times (3 \times q_{pu1} + q_{pu2} + 2 \times q_{pu3}) \\&= 1,2 (3 \times 1018,603 + 40,800 + 2 \times 237,30) \\&= 3571,210 \text{ K.cal}\end{aligned}$$

c. Sekam

- Besarnya perpindahan panas yang melalui material insulasi sekam pada geladak dan lambung kiri dan kanan dengan konduktivitas thermal sekam (dari gambar grafik 4.1) sebesar $6,321 \text{ K.cal/m}^2.\text{h}^{\circ}\text{C}$ adalah:

$$\begin{aligned}q_{sk1} &= k (t_2 - t_1) \cdot F_1 + (t_2 - t_1) \cdot F_2 \\&= 6,321 (37,22 - 0) \times 2 + (35 - 0) \times 22 \\&= 1240,523 \text{ K.cal}\end{aligned}$$

- Besarnya perpindahan panas yang melalui dinding sekat kamar mesin dengan konduktivitas thermal sekam pada suhu 48°C (dari gambar grafik 4.1) sebesar $1,960 \text{ K.cal/m}^2.\text{h}^{\circ}\text{C}$ adalah:

$$\begin{aligned}q_{sk2} &= 1,960 \times (48 - 0) \\&= 94,080 \text{ K.cal}\end{aligned}$$

- Besarnya perpindahan panas yang melalui sekat lainnya dengan material insulasi sekam dengan harga konduktivitas thermal pada suhu 30°C (dari gambar grafik 4.1) sebesar $10,11 \text{ K.cal/m}^2.\text{h}^{\circ}\text{C}$ adalah:

$$\begin{aligned}q_{sk3} &= 10,11 \times (30 - 0) \\&= 303,300 \text{ K.cal}\end{aligned}$$

- Jadi besarnya perpindahan panas yang harus ditahan oleh lapisan material insulasi sekam adalah sebesar:

$$q_{total} = 1,2 (3 \times q_{sk1} + q_{sk2} + 2 \times q_{sk3})$$



$$\begin{aligned} &= 1,2 (3 \times 1240,523 + 94,080 + 2 \times 303,300) \\ &= 4422,248 \text{ K.cal} \end{aligned}$$

4.3 Perhitungan tebal lapisan insulasi

Untuk menentukan tebal lapisan insulasi yang dibutuhkan bisa dilaksanakan sesuai dengan langkah-langkah yang disebutkan dalam Bab II sub bab 2.3. langkah-langkah perhitungan tersebut untuk masing-masing material adalah sebagai berikut:

a. Gabus

Besarnya perpindahan panas yang terjadi sesuai dengan perhitungan sebelumnya adalah sebesar 2851,138 K.cal. Dengan menggunakan temperatur sekat ruang mesin yaitu sebesar 48°C dan suhu dalam palkah ikan 0°C serta konduktivitas thermal bahan gabus pada temperatur tersebut sebesar $0,270 \text{ K.cal/m}^2.\text{h.}^{\circ}\text{C}$ maka tebal lapisan insulasi yang dibutuhkan pada dinding palkah ikan tersebut adalah:

$$\begin{aligned} l &= \frac{\Delta t}{q_k} k \\ &= \frac{(48-0)}{2824,530} 0,140 \\ &= 0,003 \text{ m} = 3 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jadi untuk tiap luasan sekat palkah ikan dibutuhkan lapisan insulasi Gabus setebal 3 mm

b. Poly-urethane

Besarnya perpindahan panas yang terjadi sesuai dengan perhitungan sebelumnya adalah sebesar 3571,210 K.cal. Dengan menggunakan temperatur sekat ruang mesin yaitu sebesar 48°C dan suhu dalam palkah ikan 0°C serta konduktivitas thermal bahan Poly-urethane pada temperatur tersebut sebesar $0,85 \text{ K.cal/m}^2.\text{h.}^{\circ}\text{C}$ maka tebal lapisan insulasi yang dibutuhkan pada dinding palkah ikan tersebut adalah:

$$l = \frac{\Delta t}{q_k} k$$



$$\begin{aligned} &= \frac{(48-0)}{3571,210} 0,850 \\ &= 0,011 \text{ m} = 11 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jadi untuk tiap luasan sekat palkah ikan dibutuhkan lapisan insulasi polyurethane setebal 11 mm

c. Sekam

Besarnya perpindahan panas yang terjadi sesuai dengan perhitungan sebelumnya adalah sebesar 4422,248 K.cal. Dengan menggunakan temperatur sekat ruang mesin yaitu sebesar 48⁰C dan suhu dalam palkah ikan 0⁰C serta konduktivitas thermal bahan sekam pada temperatur tersebut sebesar 1,960 K.cal/m².h.⁰C, maka tebal lapisan insulasi yang dibutuhkan pada dinding palkah ikan tersebut adalah:

$$\begin{aligned} l &= \frac{\Delta t}{q_k} k \\ &= \frac{(48-0)}{4422,248} 1,960 \\ &= 0,021 \text{ m} = 21 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jadi untuk tiap luasan sekat palkah ikan dibutuhkan lapisan insulasi sekam setebal 21 mm

4.4 Perhitungan massa material insulasi

Pada bagian ini akan dihitung massa dari material insulasi yang dibutuhkan sesuai dengan tebal yang diperlukan untuk melapisi palkah ikan. Perhitungan ini dasumsikan pada volume 1 m³ palkah ikan. Perhitungan berat masing-masing material insulasi adalah sebagai berikut:

a. Gabus

Volume dari lapisan insulasi pada palka ikan sebesar 1 m³ adalah:

Volume pada ke enam sisinya adalah

$$\begin{aligned} V &= 6 (1 \times 1 \times 0,003) \\ &= 0,0143 \text{ m}^3 \end{aligned}$$



Dari bab II sub bab 2.6 diketahui bahwa density (massa jenis) dari gabus adalah sebesar 145 kg/m^3 . Maka untuk volume sebesar $0,0143 \text{ m}^3$, massa dari material insulasi gabus adalah sebesar:

$$\begin{aligned} W &= 145 \times 0,0143 \\ &= 2,070 \text{ kg} \end{aligned}$$

b. Poly-urethane

Volume dari lapisan insulasi pada palka ikan sebesar 1 m^3 adalah:

Volume pada ke enam sisinya adalah

$$\begin{aligned} V &= 6 (1 \times 1 \times 0,011) \\ &= 0,069 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Dari bab II sub bab 2.6 diketahui bahwa density (massa jenis) dari Polyurethane adalah sebesar 32 kg/m^3 . Maka untuk volume sebesar $0,069 \text{ m}^3$, massa dari material insulasi Polyurethane adalah sebesar:

$$\begin{aligned} W &= 32 \times 0,069 \\ &= 2,194 \text{ kg} \end{aligned}$$

c. Sekam

Volume dari lapisan insulasi pada palka ikan sebesar 1 m^3 adalah:

Volume pada ke enam sisinya adalah

$$\begin{aligned} V &= 6 (1 \times 1 \times 0,021) \\ &= 0,128 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Dari bab II sub bab 2.6 diketahui bahwa density (massa jenis) dari Sekam adalah sebesar $68,84 \text{ kg/m}^3$. Maka untuk volume sebesar $0,128 \text{ m}^3$, massa dari material insulasi sekam adalah sebesar:

$$\begin{aligned} W &= 68,84 \times 0,128 \\ &= 8,787 \text{ kg} \end{aligned}$$

4.5 Perhitungan Biaya

Perhitungan biaya disini adalah perhitungan biaya pembelian material dan biaya pemasangan. Besarnya biaya pemasangan diambil 20% dari harga material. Untuk analisa biaya ini besarnya biaya investasi untuk masing-masing material adalah sebagai berikut:

**a. Gabus**

Berat gabus yang dibutuhkan adalah sebesar 3,955 kg dari informasi harga (Perdana, tanggal 19 Juni 2001) diperoleh data harga untuk tiap 2 kg gabus harganya adalah Rp. 68.000,00.

Sehingga untuk jumlah meterial sebesar 3,955 kg dibutuhkan biaya material sebesar:

$$\begin{aligned} B_{\text{material}} &= 2,070 \times \text{Rp } 34.000,00 \\ &= \text{Rp } 70.375,40 \end{aligned}$$

Sedangkan besarnya biaya pemasangan adalah:

$$\begin{aligned} B_{\text{pasang}} &= B_{\text{material}} \times 20\% \\ &= \text{Rp } 70.375,40 \times 20\% \\ &= \text{Rp } 14.075,10 \end{aligned}$$

Sehingga besarnya biaya awal pemasangan material ini adalah sebesar:

$$\begin{aligned} B_{\text{awal}} &= B_{\text{material}} + B_{\text{pasang}} \\ &= \text{Rp } 70.375,40 + \text{Rp } 14.075,10 \\ &= \text{Rp. } 84.450,50 \end{aligned}$$

Jadi besarnya biaya awal penggunaan material gabus sebagai insulasi ruang ikan adalah sebesar Rp. 84.450,50

b. Poly-urethane

Berat Poly-urethane yang dibutuhkan adalah sebesar 4,416 kg, dari informasi harga (Perdana, tanggal 19 Juni 2001) diperoleh data harga sebagai berikut:

- 1 kg Poly-urethane putih (A) adalah Rp 34.000,00
- 1 kg Poly-urethane hitam (B) adalah Rp 34.000,00

Sehingga untuk mendapatkan 1 kg Poly-urethane dibutuhkan 5 ons Poly-urethane putih (A) dan 5 ons Poly-urethane hitam (B), dengan perincian biaya sebagai berikut:

- | | | | | |
|---|--------------------------------------|----|-----------|---|
| - | 5 ons Poly-urethane putih (A) adalah | Rp | 17.000,00 | |
| - | 5 ons Poly-urethane hitam (B) adalah | Rp | 17.000,00 | + |
-



Biaya material per 1 kg adalah Rp 34.000,00

Sehingga untuk jumlah meterial sebesar 2,194 kg dibutuhkan biaya material sebesar:

$$\begin{aligned} B_{\text{material}} &= 2,194 \times \text{Rp } 34.000,00 \\ &= \text{Rp } 74.580,45 \end{aligned}$$

Sedangkan besarnya biaya pemasangan adalah:

$$\begin{aligned} B_{\text{pasang}} &= B_{\text{material}} \times 20\% \\ &= \text{Rp } 74.580,45 \times 20\% \\ &= \text{Rp } 14.916,09 \end{aligned}$$

Sehingga besarnya biaya awal pemasangan material ini adalah sebesar:

$$\begin{aligned} B_{\text{awal}} &= B_{\text{material}} + B_{\text{pasang}} \\ &= \text{Rp } 74.580,45 + \text{Rp } 14.916,09 \\ &= \text{Rp. } 89.496,53 \end{aligned}$$

Jadi besarnya biaya awal penggunaan material Poly-urethane sebagai insulasi ruang ikan adalah sebesar Rp. 89.496,53

c. Sekam

Berat sekam yang dibutuhkan adalah sebesar 9,190 kg. Untuk harga sekam ini tidak ada ketentuan, sehingga diambil rata-rata bahwa harga sekam per kg adalah Rp 250,00

Sehingga untuk jumlah meterial sebesar 9,190 kg dibutuhkan biaya material sebesar:

$$\begin{aligned} B_{\text{material}} &= 8,787 \times \text{Rp } 250,00 \\ &= \text{Rp } 2.196,78 \end{aligned}$$

Sedangkan besarnya biaya pemasangan adalah:

$$\begin{aligned} B_{\text{pasang}} &= B_{\text{material}} \times 20\% \\ &= \text{Rp } 2.196,78 \times 20\% \\ &= \text{Rp } 439,37 \end{aligned}$$

Sehingga besarnya biaya awal pemasangan material ini adalah sebesar:

$$\begin{aligned} B_{\text{awal}} &= B_{\text{material}} + B_{\text{pasang}} \\ &= \text{Rp } 2.196,78 + \text{Rp } 469,57 \\ &= \text{Rp. } 2.636,13 \end{aligned}$$



Jadi besarnya biaya awal penggunaan material sekam sebagai insulasi ruang ikan adalah sebesar Rp. 2.636,13.

4.6 Perbandingan nilai antar material insulasi

Dalam bagian ini akan dianalisa besarnya prosentase dari masing-masing material insulasi yang digunakan dengan didasarkan pada harga konduktivitas thermal bahan, tebal lapisan yang dibutuhkan, berat dari material insulasi yang dibutuhkan dan biaya awal penggunaan material insulasi tersebut.

Untuk analisa ini pada masing-masing point dinilai sebagai prosentase dari keseluruhan nilai material. Prosentase untuk masing-masing point diasumsikan mempunyai prosentase yang sama, yaitu sebagai berikut:

1. Harga Konduktivitas Thermal bahan = 25%
2. Tebal lapisan material insulasi yang dibutuhkan = 25%
3. Berat material insulasi = 25%
4. Biaya awal yang dibutuhkan = 25%

Analisa perbandingannya seperti tabel berikut;

Tabel. 4.10 Analisa Perbandingan Material Insulasi

Material	Prosentase tiap point				Total Prosentase
	Kon. Thermal 25%	Tebal (mm) 25%	Berat (kg) 25%	Harga (juta Rp) 25%	
Gabus	0.140	3.000	2.070	0.074	1.321
	0.035	0.750	0.518	0.019	
Poly-Urethane	0.850	11.000	2.194	0.089	3.533
	0.213	2.750	0.549	0.022	
Sekam	1.960	21.000	8.787	0.003	7.937
	0.490	5.250	2.197	0.001	

Dari analisa tersebut diatas menunjukkan bahwa material gabus memiliki nilai prosentase terkecil. Hal ini menunjukkan bahwa material ini memiliki banyak keuntungan dibanding dengan material lainnya.



digunakan, karena sifat material kayu yang juga merupakan material isolator.

2. Untuk material insulasi lainnya seperti serbuk gergaji, poly-sterena dan lainnya belum dapat dilaksanakan dalam penelitian ini karena keterbatasan waktu.
3. Untuk dapat menentukan harga konduktivitas sekam alangkah sangat baiknya untuk diteliti kembali terutama metode untuk pembentukan material uji, karena pada penelitian ini sangat sulit untuk membentuk material uji sesuai dengan ukuran yang dikehendaki.
4. Pemberian prosentase untuk tiap point (asumsi) hanyalah merupakan hasil asumsi, tanpa melakukan penelitian lapangan. Alangkah lebih baiknya apabila untuk penentuan prosentase tersebut didapat dari hasil penelitian.
5. Penelitian ini tidak melibatkan kapal sebenarnya, untuk langkah konkritnya pada waktu yang akan datang bias dilakukan penelitian pada kapal yang sebenarnya.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai beberapa hal yang dapat dijadikan sebagai hasil akhir dari penelitian yang dilakukan dan saran-saran yang bisa dilakukan untuk penelitian berikutnya.

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian ini dapat diambil beberapa hal penting, diantaranya:

1. Dari hasil analisa teknis dapat diketahui bahwa pada dasarnya semua jenis dari material insulasi yang diteliti tersebut bisa digunakan sebagai bahan insulasi kompartemen kapal ikan. Tetapi dari analisa berat material insulasi yang dibutuhkan, menunjukkan bahwa material insulasi gabus memiliki berat yang lebih ringan, yaitu 0,518% dibandingkan dengan semua jenis material insulasi yang diteliti.
2. Dari hasil analisa ekonomis menunjukkan bahwa besarnya biaya investasi/biaya awal untuk menggunakan sekam sebagai material insulasi membutuhkan biaya yang lebih rendah, yaitu 0,001% dibandingkan dengan semua jenis material insulasi yang diteliti.
3. Dari hasil analisa teknis dan ekonomis yang dilakukan menunjukkan bahwa material insulasi gabus memiliki nilai prosentase yang lebih kecil dari seluruh material insulasi yang diteliti, yaitu sebesar 1,321%. Hal ini menunjukkan bahwa material tersebut sangat baik untuk digunakan.

5.2 Saran

Beberapa hal yang ingin kami sarankan untuk penelitian berikutnya, diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Untuk material insulasi lainnya seperti serbuk gergaji, poly-sterena dan lainnya belum dapat dilaksanakan dalam penelitian ini karena keterbatasan waktu.

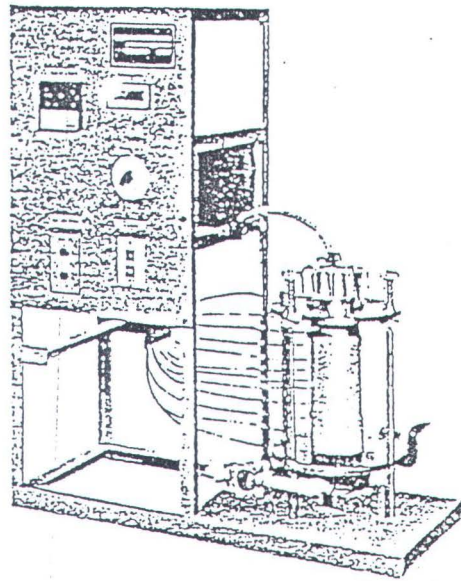


DAFTAR PUSTAKA

1. Basuki, Didik R, "*Pengaruh Perubahan Temperatur Terhadap Konduktivitas Thermal Bahan*", Karya ITS, FMIPA, ITS, 1986
2. Bhoem, Robert F, "*Design Analis of Thermal System*", third edition, Jonh Willey & Son`s, Canada, 1987.
3. Charles, Mantel Ph.D, "*Engineering Material Handbook*", 9th edition, McGraw Hill. Inc, New York, 1958
4. Chimpen, Luis albarado, "*The effectifenes of Insulation for fish Precervation in Artifisanal Fishing Boats in Peru*", proceedings of Fishing Ship and Fishing Gear, Canada, 1988
5. Delino, clive VJ, edited, "*Cold and Chilled Storage Technology*", first edition, Blakie Academic & Profesional, 1990.
6. Iljas, Sopyan, "*Teknologi Refrigerasi Hasil Perikanan*", Teknik Pendinginan ikan, jilid 1, Jakarta, 1983
7. Juliana, I Ketut, "*Evaluasi Teknis dan Ekonomis Kapal Ikan Tuna 60 GT*", Tugas Akhir, Jurusan Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, ITS, 1994
8. Kreith, Frank, Prijono, Arko M.Sc, "*Prinsip-prinsip Perpindahan Panas*", terjemahan, edisi ke-3, Erlangga, Jakarta, 1986
9. Merrit, J.H, "*Refigeration on Fishing Vessel*", first edition, Fishing News Book, London, U.K, 1928
10. Setyaningtyas, Rusdiana, "*Solidifikasi Lumpur yang Mengandung Logam Berat Cu dan Cr dengan Menggunakan Campuran Kapur dan Abu Sekam Padi*", Tugas Akhir, Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, ITS, 1996
11. Sugianto, Ir, "*Konstruksi Kapal Non Baja*", Diktat Kuliah, ITS, 1986
12. Surdia, Tata dkk, "*Pengetahuan Bahan Teknik*", PT Pradya Paramitha, Jakarta, 1995



13. *"Thermal Conductivity Measuring Apparatus, Operation Manual"*, Tokyo Meter Co. Ltd, Japan
14. Turner, William C, *"Thermal Insulation Handbook"*, Robert Erlinger Publishing Company Inc, Kriger Drive, Malabar, Florida, 1981.
15. Winarno, Basuki, *"Alternatif Pendingin Supra Pada Kapal Ikan Tuna Segar 60 GT (60 GT Tuna Long Liner) Dengan Metode Udara Dingin"*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, ITS, Surabaya, 1995.
16. *Quality and Quality Change in Fresh Fish*, FAO fisheries technical Paper, Roma, 1995



MODEL : HVS-40-200SF
HVS-40-300SF

Table Physical properties of insulation materials

Physical property	Expanded Poly-styrene	Extruded Poly-styrene	Poly-urethane	Polyiso-cyanurate	Phenolic foam
Maximum thermal conductivity at 10°C, W/(mK) Aged value (30 days)	0.035	0.029	0.021	0.021	0.020
Maximum compressive strength or compressive stress at 10% strain, KPa	110	300	100	100	100
Maximum water vapour permeability, ng/(Pasm)	5.0	1.7	5.5	8.5	5.5
Apparent water absorption maximum, % (vol)	4	0.2	4	4	7.5
Fire characteristic (minimum acceptable performance level when incorporated in a panel under BS 476 PART 7 & 8)	CLASS 1	CLASS 1	CLASS 1	CLASS 1	CLASS 1



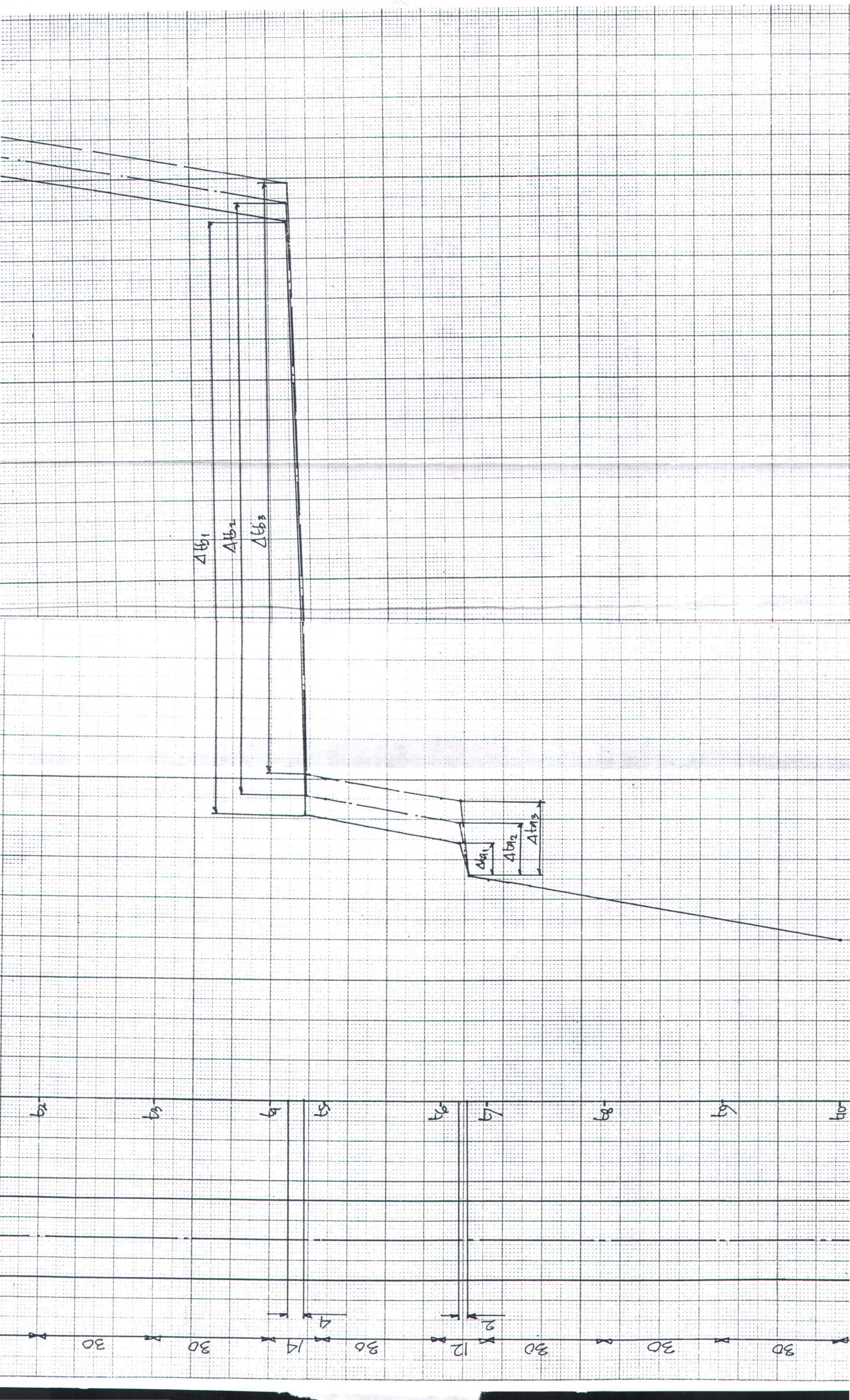
Table Properties of Insulation

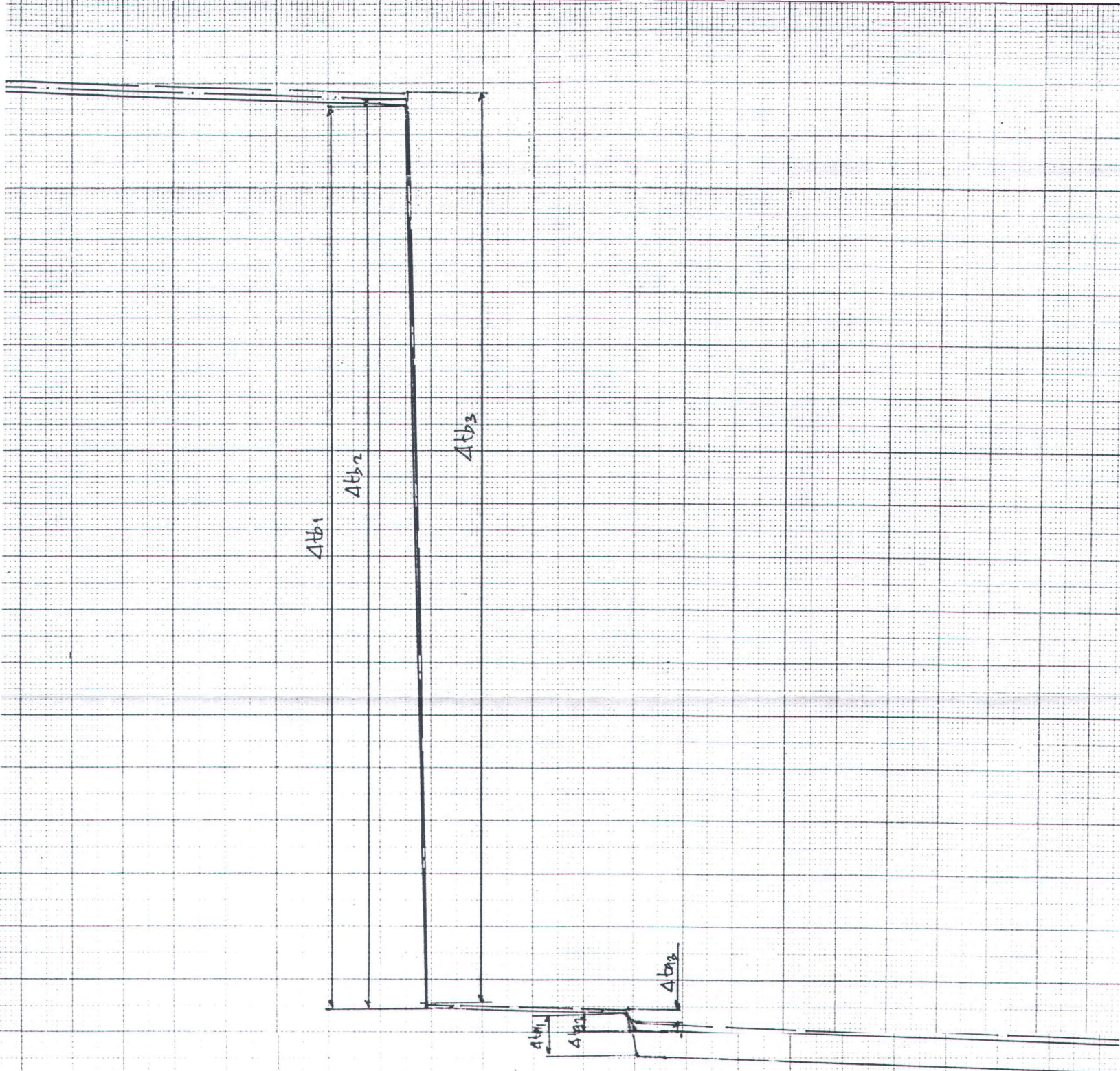
Insulation material	Permeability to water vapour	Density, kg/m ³	Resistance for 5 cm thickness, m ² degC/W	Compressive strength, t/m ²
corkboard	high	150	1.40	50
	high	200	1.00	70
glass wool	high	70	1.40	nil
mineral wool	high	70	1.40	nil
expanded polystyrene				
open cell	high	16	1.75	6
closed cell	low	30	1.50	25
expanded polyurethane	low	25	1.40	12
expanded polyvinylchloride	low	20	1.60	10
	low	40	1.60	30
expanded ebonite	low	70	1.75	30
	low	200	1.25	120

Insulations for Moderate Temperature Applications^a

Insulation Type	Thermal Conductivity W/m °C			Temperature Application Range °C	Density kg/m ³	Relative Cost ^b for Pipe Insulation Application				
	@-75°C	@95°C	@260°C			Diameter in.	Single Layer 2 in.	3 in.	Double Layer 4 in.	6 in.
Fibrous										
Glass	0.029	0.037	0.072	-30 to 455	85	6 12	1.53 2.52	2.20 3.5	2.91 4.17	4.95 7.08
Mineral Wool	-	0.05	0.075	15 to 1040	128	6 12	1.21 1.86	1.59 2.38	2.45 3.62	3.52 4.97
Cellular										
Glass	0.039	0.061	0.094	-180 to 650	136					
Polyiso- cyanurate	-	c	-	-180 to 150	32	6 12	1 1.67	1.53 2.53	2.22 3.36	4.08 5.49
Polystyrene	0.026	d	-	-40 to 135	32					
Polyurethane	0.020	0.036	-	-75 to 100	32					
Granular										
Calcium silicate	-	0.061	0.079	15 to 815	176 to 240	6 12	1.45 2.26	1.92 2.92	3.06 4.49	4.46 6.84
Perlite	-	0.068	0.084	50 to 815	80 to 208					

a. Modified from information given by Liss (1986). b. Installed costs of straight pipe with 0.016-in. aluminum jacket with moisture barrier (when required). Numbers given are the cost of particular insulation divided by the cost of 2 in. of polyisocyanurate insulation on a 6-in. pipe. Based upon a 1985 cost survey in the U.S. Gulf Coastal region. c. At 24°C the thermal conductivity is approximately 0.020. d. At 24°C the thermal conductivity is approximately 0.033.





62

63

64

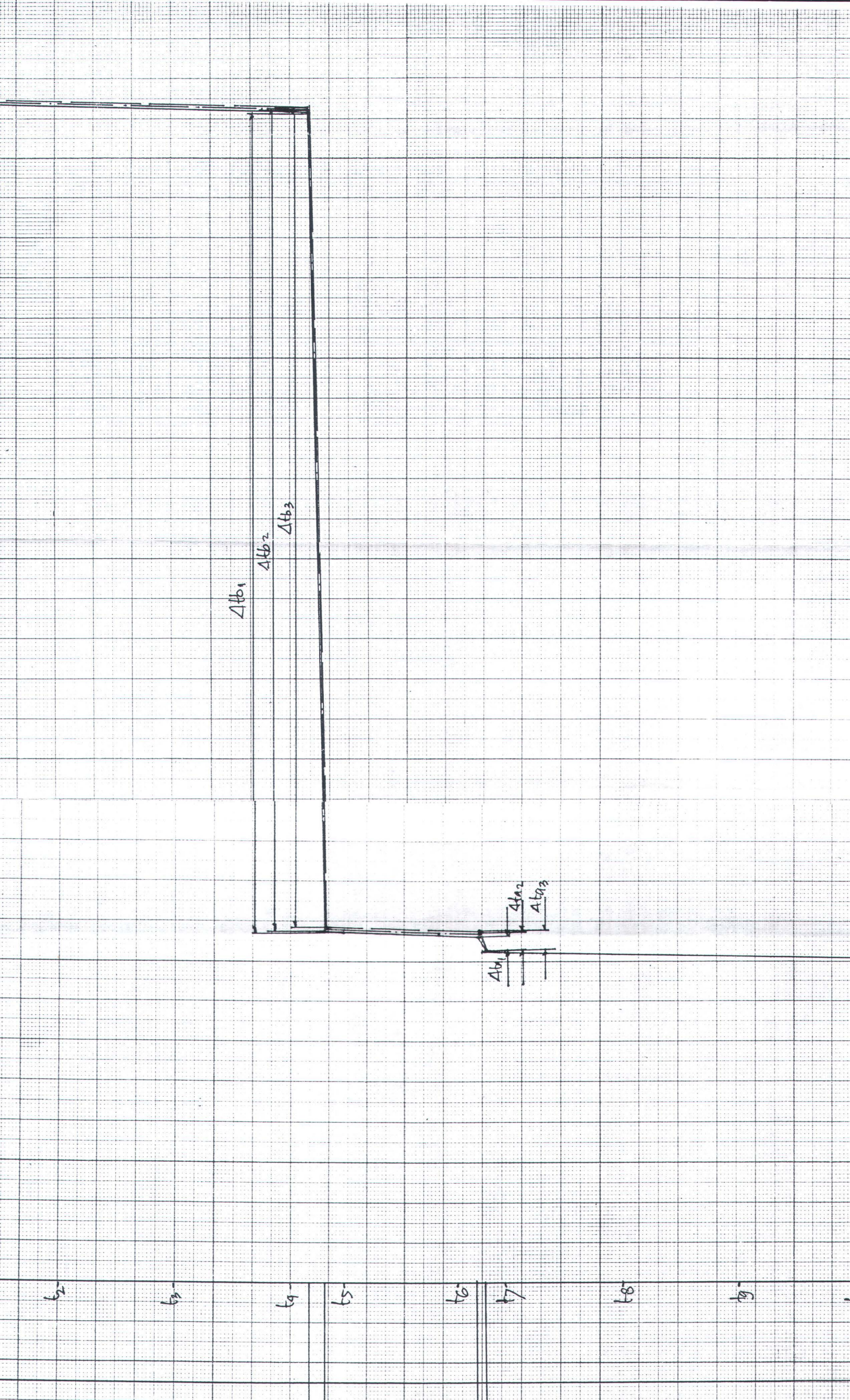
65

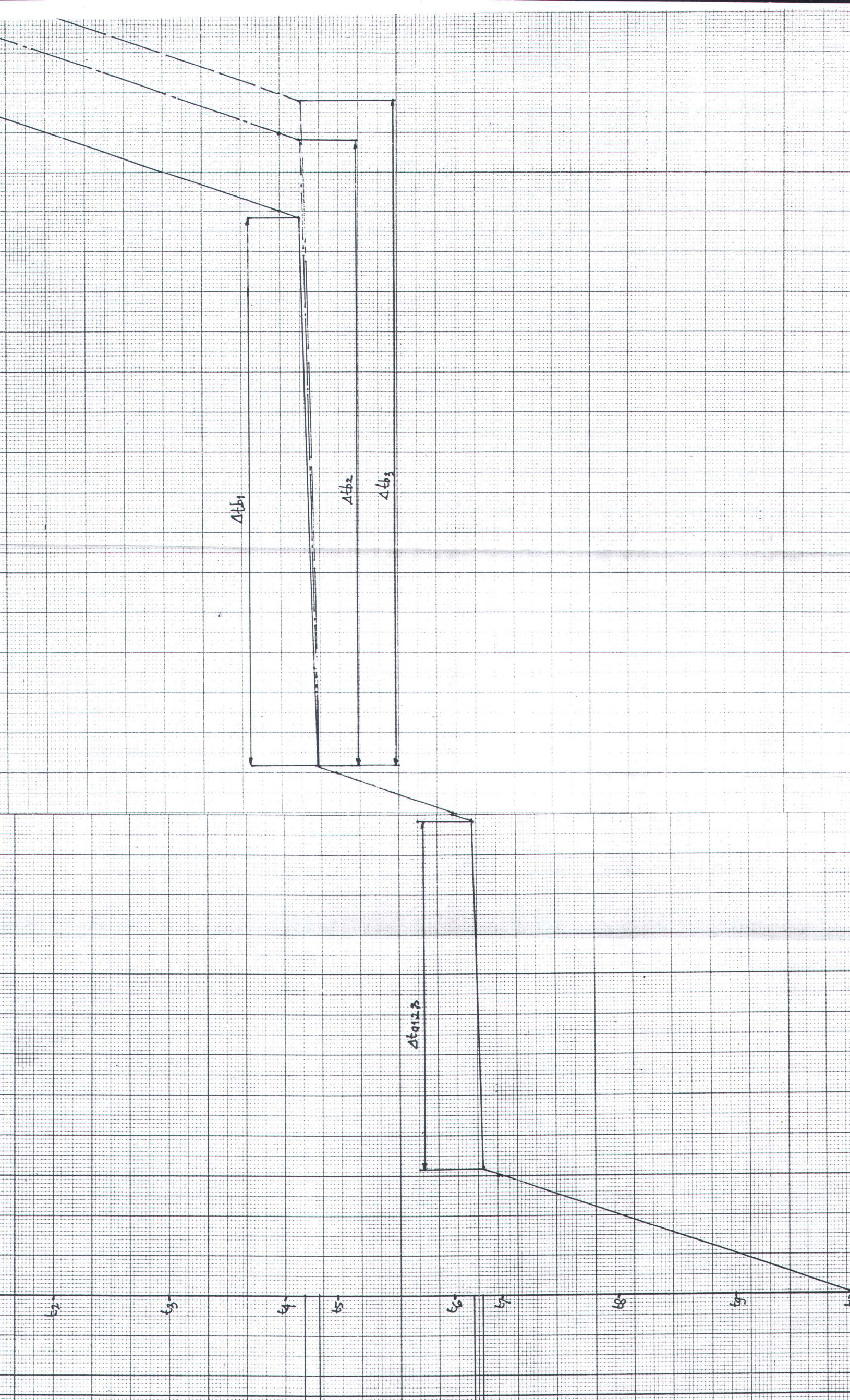
66

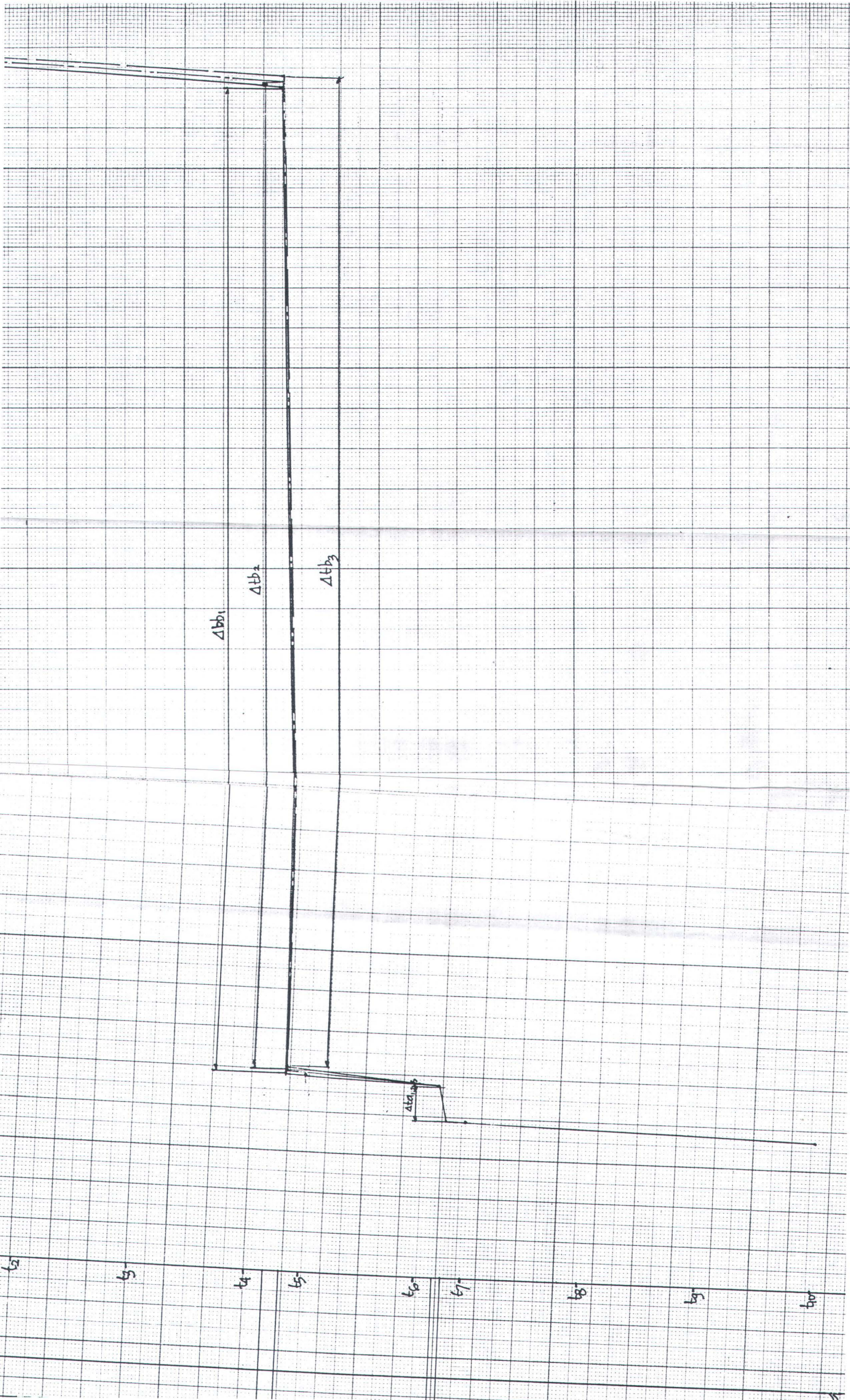
67

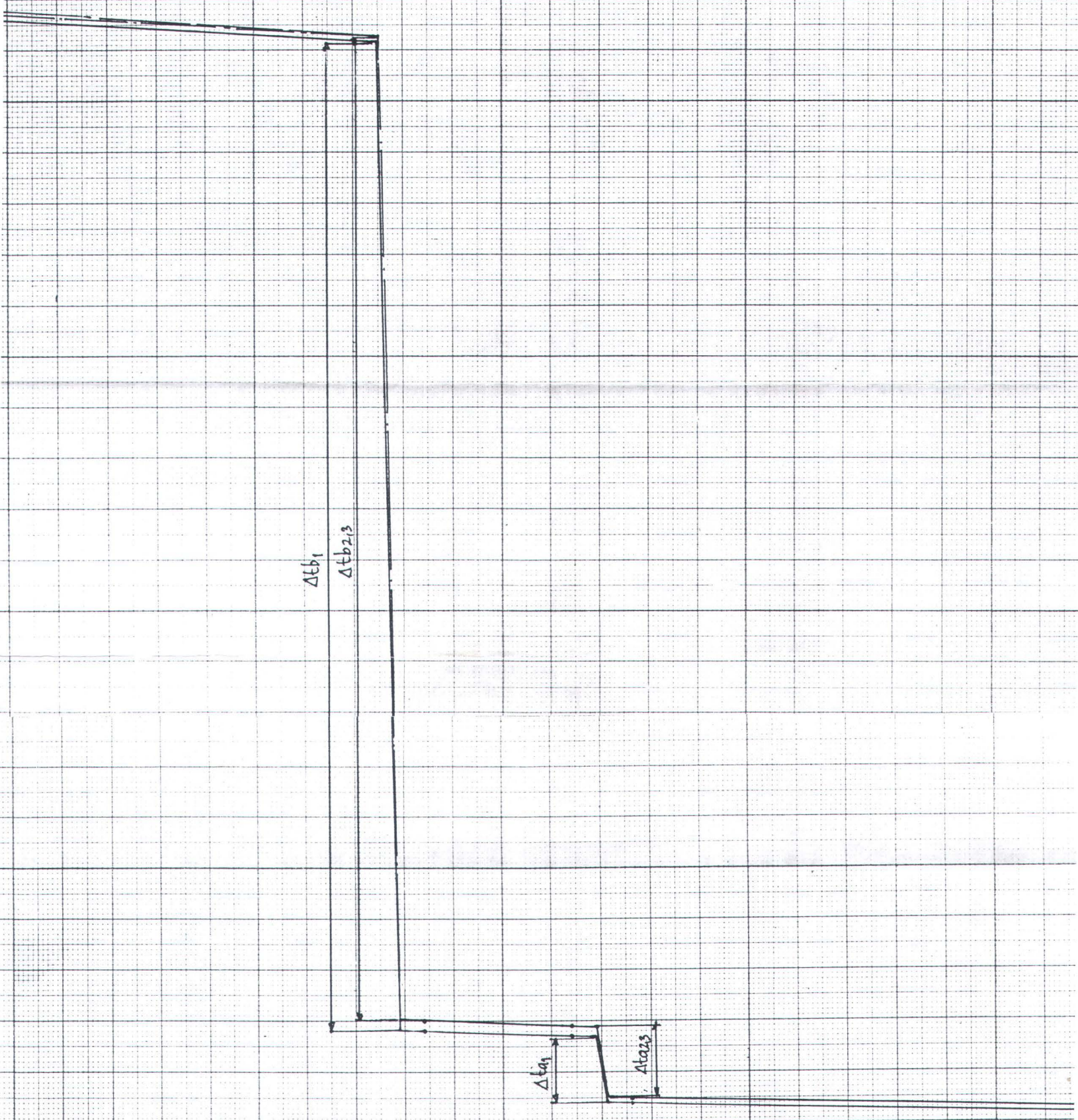
68

69









b_5

b_3

b_1

b_0

b_7

b_8

b_9

b_3

b_1

b_0

b_7

b_8

b_9

